

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

03 OCT 2004

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
16. Oktober 2003 (16.10.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/085873 A2**(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H04L 1/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/01061

(22) Internationales Anmeldedatum:  
1. April 2003 (01.04.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

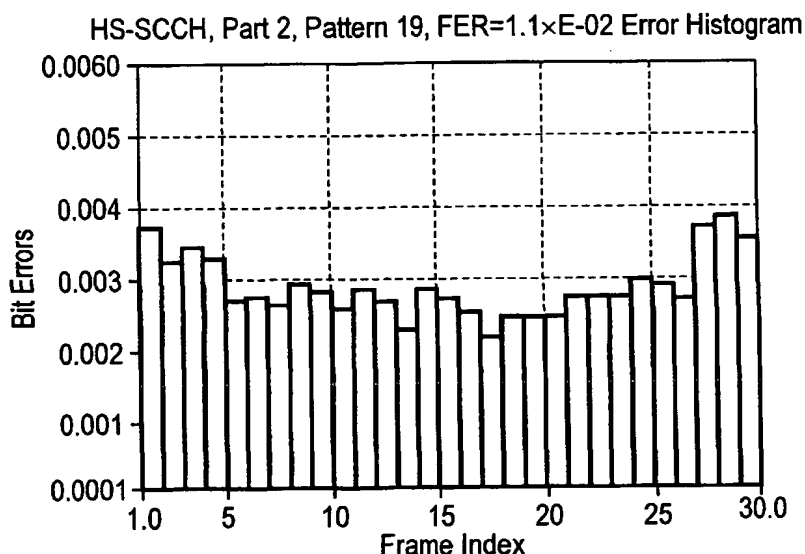
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 15 380.9 8. April 2002 (08.04.2002) DE  
102 91 151.4 29. April 2002 (29.04.2002) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **DÖTTLING, Martin**[DE/DE]; Hauptstr. 56, 85579 Neubiberg (DE). **RAAF,  
Bernhard** [DE/DE]; Maxhofstr. 62, 81475 München (DE).(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,  
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,  
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,  
MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD,  
SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND COMMUNICATIONS DEVICE FOR ADAPTING THE DATA TRANSFER RATE IN A COMMU-  
UNICATIONS DEVICE(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND KOMMUNIKATIONSVORRICHTUNG ZUR ANPASSUNG DER DATENRATE IN EI-  
NER KOMMUNIKATIONSVORRICHTUNG

(57) Abstract: The invention relates to a method for adapting the data transfer rate of a data flow in a communications device according to which: the data flow can be subdivided into at least one data block containing transmission bits to be transmitted; the transmission bits are formed by a coding process from information-carrying input bits; transmission bits determined from a data block of the data flow are removed (dotted) in order to adapt the data transfer rate; a dotting pattern stipulates which transmission bits are to be removed, and; the dotting pattern is constructed in such a manner that transmission bits are preferably removed that, during the coding process, depend on few input bits. The invention also relates to a corresponding communications device.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Anpassung der Datenrate eines Datenstroms in einer Kommunikationsvorrichtung, bei dem: der Datenstrom in zumindest einen Datenblock unterteilbar ist, welcher zu übertragende Übertragungsbits enthält; die Übertragungsbits durch einen Codiervorgang aus informationstragenden Eingangsbits gebildet werden; bei dem zur Anpassung der Datenrate aus einem Datenblock des Datenstroms bestimmte Übertragungsbits entfernt (punktiert) werden, bei dem; durch ein Punktierungsmuster vorgegeben wird, welche Übertragungsbits zu entfernen sind; und das Punktierungsmuster derart ausgelegt ist, dass bevorzugt Übertragungsbits entfernt werden, die über den Codiervorgang von wenigen Eingangsbits abhängen. Des weiteren betrifft die Erfindung eine entsprechende Kommunikationsvorrichtung.

## Beschreibung

Verfahren und Kommunikationsvorrichtung zur Anpassung der Datenrate in einer Kommunikationsvorrichtung

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 bzw. 11 zur Anpassung der Datenrate in einer Kommunikationsvorrichtung sowie eine entsprechende Kommunikationsvorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruches 16.

10

Verschiedene Applikationen in Kommunikationssystemen arbeiten zumeist mit unterschiedlichen Datenraten. Die zugrunde liegenden Übertragungskanäle bieten aber meist z.B. wegen der Einbettung in gewisse Sendeformate, nur eine feste Datenübertragungsrate oder Roh-Datenübertragungsrate an, oder nur einen diskreten Satz solcher Datenraten. Es wird daher im allgemeinen notwendig sein, an der entsprechenden Schnittstelle die Datenraten aneinander anzupassen. Dies wird im folgenden an einem Beispiel aus der UMTS-Standardisierung beschrieben:

15

20

Augenblicklich wird an der Standardisierung des sogenannten UMTS-Mobilfunkstandards ('Universal Mobile Telecommunication System') für Mobilfunkgeräte der dritten Mobilfunkgeneration gearbeitet. Gemäß dem derzeitigen Stand der UMTS-Standardisierung ist vorgesehen, die über einen Hochfrequenzkanal zu übertragenden Daten einer Kanalcodierung zu unterziehen, wobei hierzu insbesondere Faltungscodes ('Convolutional Codes') verwendet werden. Durch die Kanalcodierung werden die zu übertragenden Daten redundant codiert, wodurch auf der Empfängerseite eine zuverlässigere Wiedergewinnung der gesendeten Daten möglich ist. Der bei der Kanalcodierung jeweils verwendete Code wird durch seine Coderate  $r = k/n$  charakterisiert, wobei  $k$  die Anzahl der zu übertragenden Daten- oder Nachrichtenbits und  $n$  die Anzahl der nach der Codierung vorliegenden Bits bezeichnet. Je kleiner die Coderate ist, desto leistungsfähiger ist in der

25

30

35

Regel der Code. Ein mit der Codierung verbundenes Problem ist jedoch, dass die Datenrate um den Faktor  $r$  reduziert wird.

Um die Datenrate des codierten Datenstroms an die jeweils  
5 mögliche Übertragungsrate anzupassen, wird im Sender eine  
Ratenanpassung ('Rate Matching') durchgeführt, wobei nach  
einem bestimmten Muster entweder Bits aus dem Datenstrom  
entfernt oder in dem Datenstrom verdoppelt werden. Das  
Entfernen von Bits wird als 'Punktieren' und das Verdoppeln  
10 als 'Repetieren' bezeichnet.

Gemäß dem derzeitigen Stand der UMTS-Standardisierung wird  
vorgeschlagen, zur Ratenanpassung einen Algorithmus zu  
verwenden, der eine Punktierung mit einem annähernd  
15 regelmäßigen Punktierungsmuster durchführt, d.h. die zu  
punktierenden Bits sind äquidistant über den jeweils zu  
punktierenden codierten Datenblock verteilt.

Darüber hinaus ist bekannt, dass beim Faltungscodieren die  
20 Bitfehlerrate (Bit Error Rate, BER) am Rand eines  
entsprechend codierten Datenblocks abnimmt. Ebenso ist  
bekannt, dass die Bitfehlerrate innerhalb eines Datenblocks  
durch ungleichmäßig verteiltes Punktieren lokal verändert  
werden kann. Es ist weiterhin aus WO 01/26273A1 und WO  
25 01/39421 A1 bekannt, dass es vorteilhaft ist, die einzelnen  
Datenblöcke des Datenstroms zur Anpassung der Datenrate gemäß  
einem bestimmten Punktierungsmuster zu punktieren, wobei das  
Punktierungsmuster derart ausgestaltet ist, dass es eine von  
einem mittleren Bereich der einzelnen Datenblöcke zu  
30 mindestens einem Ende der einzelnen Datenblöcke hin stetig  
zunehmende Punktierungsrate aufweist.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde,  
35 ein Verfahren zur Anpassung der Datenrate eines Datenstroms  
in einer Kommunikationsvorrichtung sowie eine entsprechende  
Kommunikationsvorrichtung bereitzustellen, welche eine

zufriedenstellenden Bitfehlerrate gewährleisten und insbesondere in Mobilfunksystemen mit Faltungscodierung einsetzbar sind.

- 5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen der Ansprüche 1 und 16 bzw. durch eine Kommunikationsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 16 gelöst. Die Unteransprüche definieren bevorzugte und vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

10

Dabei wurde die Systematik des Faltungscodes dazu genutzt, heuristisch Punktierungsmuster zu finden, nach deren Anwendung alle Bits des punktierten Datenblocks eine ihrer jeweiligen Wichtigkeit entsprechende Bitfehlerrate besitzen.

15

- Vorzugsweise weist das Punktierungsmuster eine von dem mittleren Bereich zu beiden Enden des jeweiligen Datenblocks hin zunehmende Punktierungsrate auf. Auf diese Weise werden  
20 die Bits am Anfang und Ende des jeweils zu punktierenden Datenblocks stärker punktiert, wobei dies nicht mit einer gleichmäßigen Punktierungsrate, sondern mit einer im Wesentlichen zu den beiden Enden des jeweiligen Datenblocks hin ansteigenden Punktierungsrate erfolgt, d.h. der Abstand  
25 zwischen den punktierten Bits wird zu den beiden Enden des Datenblocks hin im Durchschnitt immer kürzer. Wie im weiteren ausgeführt werden wird, muss die Punktierungsrate aber überraschender Weise nicht unbedingt streng monoton zu den Enden hin ansteigen, oder anders ausgedrückt der  
30 Punktierungsabstand streng monoton abnehmen. Vielmehr kann es, bedingt durch die spezifischen Eigenschaften der verwendeten Faltungscodes und insbesondere der verwendeten Generatorpolynome auch vorteilhaft sein, etwas unregelmäßigere Muster zu verwenden.

35

Diese Punktierung führt zu einer über den punktierten Datenblock gleichmäßiger verteilten Fehlerrate der einzelnen

Bits und hat zudem eine verminderte Gesamtfehlerwahrscheinlichkeit zur Folge.

Die vorliegende Erfindung eignet sich insbesondere zur  
5 Anpassung der Datenrate eines faltungscodierten Datenstroms und kann somit bevorzugt in UMTS-Mobilfunksystemen eingesetzt werden, wobei dies sowohl den Bereich des Mobilfunksenders als auch den des Mobilfunkempfängers betrifft. Die Erfindung ist jedoch nicht auf diesen Anwendungsbereich beschränkt,  
10 sondern kann allgemein überall dort Anwendung finden, wo die Datenrate eines Datenstroms anzupassen ist.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung anhand bevorzugter  
15 Ausführungsbeispiele näher beschrieben. Es zeigen Fig. 1: ein vereinfachtes Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Mobilfunksenders,

Fig. 2: die Bitfehlerrate BER pro Bit für die Punktierung  
20 gemäß einem Ausführungsbeispiel beim HS-SCCH, Part 2, Kodierung mit  $R=1/3$  mit einem Verhältnis der Energie der übertragenen Bits zur Rauschleistungsdichte  $E_s/N_0 = -2$  dB. Beim HS-SCCH Kanal handelt es sich um den sogenannten High Speed Shared Control Channel, über welchen gewisse  
25 Konfigurationsinformationen übertragen werden und der in zwei Teilbereiche, den sogenannten Part 1 und Part 2 aufteilbar ist. Part 1 wird hierbei zuerst übertragen und enthält die Informationen, die die Mobilstation zuerst braucht, um den folgenden Datenkanal zu verarbeiten, Part 2 enthält solche  
30 Informationen, die die Mobilstation erst etwas später benötigt. Durch diese Zweiteilung erreicht man, dass die Verzögerung durch den HS-SCCH so klein wie möglich ist, da nur der erste Teil dekodiert werden muss, bevor mit dem Empfang der Daten begonnen werden kann.

35

Fig. 3: die Bitfehlerrate BER pro Bit für die in UMTS (Spezifikation 25.212 v5.0.0, Kap. 4.2.7 "Rate matching")

vorgeschlagene Ratenanpassung beim HS-SCCH, Part 2, bei einem Verhältnis der Energie der übertragenen Bits zur Rauschleistungsdichte von  $E_s/N_0 = -2$  dB.

- 5 Fig. 4: einen Vergleich der mit einer erfindungsgemäßen Punktierung (obere Kurve, Kreuze) bzw. einer herkömmlichen Punktierung (untere Kurve, Kreise) hinsichtlich der daraus resultierenden Gesamtfehlerwahrscheinlichkeit erzielbaren Ergebnisse, wobei hier die Wahrscheinlichkeit, dass  
10 mindestens ein Bit eines Blocks fehlerhaft übertragen wurde (sog. Rahmenfehlerrate) aufgetragen ist.

Fig. 5: zugrundeliegende Schemen für Faltungscodes in UMTS.

- 15 Fig. 6 : die Bitfehlerrate BER pro Bit für die in UMTS (Spezifikation 25.212 v5.0.0, Kap. 4.2.7 "Rate matching") vorgeschlagene Ratenanpassung beim HS-SCCH, Part 1, bei einem Verhältnis der Energie der übertragenen Bits zur Rauschleistungsdichte von  $E_s/N_0 = -3$  dB

20

Fig. 7: wie viele Eingangsbits (Input Bit) betroffen werden bei einer Punktierung eines Ausgangs-Bits in den verschiedenen Ausgangsstufen Output 1, Output 2 und Output 3.

- 25 Fig. 8: welche Eingangsbits (Bitnummern) durch die Punktierung betroffen sind.

Fig. 9. : eine Tabelle mit den Ergebnissen der Punktierung in Abhängigkeit von der Anzahl der punktierten Bits.

30

Fig. 10 : die Bitfehlerrate BER pro Bit für eine Punktierung gemäß einem Ausführungsbeispiel beim HS-SCCH, Part 1, bei einem Signal-Rausch Verhältnis der Energie der übertragenen Bits zur Rauschleistungsdichte von  $E_s/N_0 = -3$  dB

35

Fig. 11 : verschiedene Ausführungsbeispiele für eine Punktierung von 8 Bits (48 auf 40 Bit) für eine Kodierung mit Rate  $1/3$

- 5 Fig. 12 : verschiedene Ausführungsbeispiele für eine Punktierung von 31 Bits (Punktierung von 111 auf 80 Bit),  $R = 1/3$

- 10 Fig. 13 : verschiedene Ausführungsbeispiele für eine Repetierung von 31 Bits (Repetierung von 32 auf 40 Bit),  $R = \frac{1}{2}$

- 15 Fig. 14 : verschiedene Ausführungsbeispiele für eine Repetierung von 6 Bits (74 auf 80 Bit),  $R = 1/3$

Fig. 15 : verschiedene Ausführungsbeispiele für eine Repetierung von 4 Bit (36 auf 40 Bit),  $R = \frac{1}{2}$

- 20 Fig. 16 : verschiedene Ausführungsbeispiele für eine Punktierung von 14 Bit (54 auf 40 Bit),  $R = 1/3$

- 25 Fig. 17 : weitere Ausführungsbeispiele für eine Punktierung von 31 Bits (Punktierung von 111 auf 80 Bit),  $R = 1/3$ , Diese Figur kann also auch als eine Fortsetzung von Fig. 12 angesehen werden.

Fig.18 : ein Ausführungsbeispiel für eine Punktierung von 108 auf 80 Bits,  $R = 1/3$

- 30 Fig. 19 : Ausführungsbeispiele für eine Punktierung von 114 auf 80 Bits,  $R = 1/3$

Fig. 20 : Ausführungsbeispiele für eine Punktierung von 117 auf 80 Bits,  $R = 1/3$

- 35 Fig. 21 : Ausführungsbeispiele für eine Punktierung von 52 auf 40 Bit,  $R = 1/2$



Fig. 22 : Ausführungsbeispiele für eine Punktierung von 46 auf 40 Bit,  $R = 1/2$

5 Fig. 23 : Ausführungsbeispiele für eine Punktierung von 54 auf 40 Bit,  $R = 1/3$

Fig. 24 : Ausführungsbeispiele für eine Punktierung von 56 auf 40 Bit,  $R = 1/2$

10

Fig. 25 : Ausführungsbeispiele für eine Repetierung von 36 auf 40 Bit,  $R = 1/2$

15 Fig. 26 : Ausführungsbeispiele für eine Punktierung von 48 auf 40 Bits

Fig. 27 : Ausführungsbeispiele für eine Punktierung von 11 auf 80 Bit.

20 Fig. 28: Ratenanpassungsvorschrift aus der 3 GPP Spezifikation 25.212 v5.0.0, Kap. 4.2.7 „Rate matching“ (Ratenanpassung)

Allgemein bedeuten in den Tabellen die Zeilen mit zur Gänze  
25 fett gedruckten Zahlen das jeweils besonders bevorzugte Ausführungsbeispiel, wobei aber die Qualität der anderen Ausführungsbeispiel nicht notwendigerweise gravierend von diesem hervorgehobenen Ausführungsbeispiel abweicht. In den Figuren 26 und 27 jedoch bezeichnen fett eingetragenen Zahlen  
30 die durch das beschriebenen, erfindungsgemäße Konstruktionsprinzip der Ratenanpassungsformel punktierten bzw. repetierten Bits am Anfang bzw. Ende des Repetierungsmusters. Diese sind somit festgelegt, wohingegen sich die Position der nicht fett gezeichneten Bits durch  
35 Variation der Parameter im Rahmen dieser Erfindung auch leicht (typischerweise um eine Position) verschieben können.

In Fig. 1 ist schematisch der Aufbau eines erfindungsgemäßen Mobilfunksenders 1 dargestellt, von dem Daten oder Kommunikationsinformationen, insbesondere Sprachinformationen, über einen Hochfrequenz-Übertragungskanal an einen Empfänger übertragen werden. In Fig. 1 sind insbesondere die an der Codierung dieser Informationen oder Daten beteiligten Komponenten dargestellt. Die von einer Datenquelle 2, beispielsweise einem Mikrofon, gelieferten Informationen werden zunächst mit einem digitalen Quellcodierer 3 in eine Bitfolge umgesetzt. Die sprachcodierten Daten werden anschließend mit Hilfe eines Kanalcodierers 4 codiert, wobei die eigentlichen Nutz- oder Nachrichtenbits redundant codiert werden, wodurch Übertragungsfehler erkannt und anschließend korrigiert werden können. Bei dem Kanalcodierer 4 kann es sich um einen Faltungskodierer handeln. Die sich bei der Kanalcodierung ergebende Coderate  $r$  ist eine wichtige Größe zur Beschreibung des jeweils bei der Kanalcodierung eingesetzten Codes und ist, wie bereits erwähnt worden ist, durch den Ausdruck  $r = k/n$  definiert. Dabei bezeichnet  $k$  die Anzahl der Datenbits und  $n$  die Anzahl der insgesamt codierten Bits, d.h. die Anzahl der hinzugefügten redundanten Bits entspricht dem Ausdruck  $n - k$ . Ein Code mit der oben definierten Coderate  $r$  wird auch als  $(n,k)$ -Code bezeichnet, wobei die Leistungsfähigkeit des Codes mit abnehmender Coderate  $r$  zunimmt. Zur Kanalcodierung werden üblicherweise sogenannte Blockcodes oder Faltungscodes verwendet.

Nachfolgend soll davon ausgegangen werden, dass - wie durch den derzeitigen Stand der UMTS-Standardisierung festgelegt ist - bei der Kanalcodierung Faltungscodes zur Anwendung kommen. Ein wesentlicher Unterschied zu Blockcodes besteht darin, dass bei Faltungscodes nicht einzelne Datenblöcke nacheinander codiert werden, sondern dass es sich um eine kontinuierliche Verarbeitung handelt, wobei jedes aktuelle Codewort einer zu codierenden Eingangssequenz auch von den vorhergehenden Eingangssequenzen abhängt. Unabhängig von der

Coderate  $r = k/n$  werden Faltungscodes auch durch die sogenannte Einflußlänge oder 'Constraint Length'  $K$  charakterisiert. Die 'Constraint Length' gibt an, über wie viele Takte von  $k$  neuen Eingangsbits des Kanalcodierers 4 ein Bit das von dem Kanalcodierer 5 ausgegebene Codewort beeinflusst.

Für UMTS werden die folgenden Faltungscodes verwendet, wie in Figur 5 gezeigt. Die Abbildung ist aus der Spezifikation 25.212 Kap. 4.2.3.1 "Convolutional coding" (Faltungskodes) entnommen.

Vor der Übertragung der kanalcodierten Informationen zu dem Empfänger können diese einem Interleaver 5 zugeführt werden, der die zu übertragenden Bits gemäß einem bestimmten Schema zeitlich umordnet und dabei zeitlich spreizt, wodurch die in der Regel bündelweise auftretenden Fehler verteilt werden, um einen sogenannten gedächtnislosen (memoryless) Übertragungskanal mit einer quasizufälligen Fehlerverteilung zu erhalten. Die auf diese Weise codierten Informationen oder Daten werden einem Modulator 7 zugeführt, dessen Aufgabe es ist, die Daten auf ein Trägersignal aufzumodulieren und gemäß einem vorgegebenen Vielfachzugriffsverfahren über einen Hochfrequenz-Übertragungskanal 3 an einen Empfänger zu übertragen.

Zur Übertragung wird der codierte Datenstrom in Datenblöcke aufgeteilt, wobei der Kanalcodierer 4 zu Beginn eines Datenblocks in einen bekannten Zustand gesetzt wird. Am Ende wird jeder codierte Datenblock durch sogenannte 'Tailbits' abgeschlossen, so dass der Kanalcodierer 4 sich wieder in einem bekannten Zustand befindet. Durch diesen Aufbau des Faltungscodes sowie des Kanalcodierers 4 wird erreicht, dass die Bits am Anfang und Ende eines codierten Datenblocks besser als in der Blockmitte gegen Übertragungsfehler geschützt sind. Dabei ist es unerheblich ob diese Tailbits

alle den bekannten Wert 0 haben, oder einen anderen Wert. Die Werte dieser Tailbits können auch beliebig gewählt werden, wobei sowohl Sender als auch Empfänger die zu verwendenden Werte kennen müssen.

5

Die Fehlerwahrscheinlichkeit eines Bits ist abhängig von seiner Lage innerhalb des jeweiligen Datenblocks unterschiedlich. Dieser Effekt wird beispielsweise bei der Sprachübertragung in GSM-Mobilfunksystemen ausgenutzt, indem die wichtigsten Bits an den beiden Blockenden platziert werden, wo die Fehlerwahrscheinlichkeit am geringsten ist. Bei Datenübertragungen werden jedoch im allgemeinen Datenpakete bereits dann verworfen, wenn nur ein einziges übertragenes Bits fehlerhaft ist, was beispielsweise im Empfänger durch einen sogenannten 'Cyclic Redundancy Check' (CRC) festgestellt werden kann. Daher kann bei einer Datenübertragung nicht von wichtigen oder weniger wichtigen Bits gesprochen werden, sondern alle Bits sind als gleich wichtig anzusehen. Wenn Fehler in einem Kontrollblock auftreten, also einem Datenblock, der Kontroll-Information enthält, welche Informationen darüber enthält, wie nachfolgende Nutzdaten kodiert und übertragen werden, so ist im allgemeinen eine korrekte Detektion dieser Nutzdaten schon dann nicht mehr möglich, wenn nur ein einziges Bit falsch empfangen wird, da die Empfangsdaten dann falsch interpretiert werden.

Um die Datenrate des codierten Datenstroms an die jeweils mögliche Übertragungsrate anzupassen, wird vor dem Modulator eine Ratenanpassung ('Rate Matching') durchgeführt. Bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel findet die Ratenanpassung in der Ratenanpassungseinheit 6b statt, wobei / die Punktierungseinheit 6a zunächst eine Punktierung gemäß einem bestimmten Punktierungsmuster durchführt, um eine gleichmäßigere Fehlerverteilung über einen Datenblock zu erzielen. Die in Fig. 1 gezeigte Reihenfolge der Punktierungseinheit 6a sowie des Interleavers 5 sind

lediglich beispielhaft zu verstehen. Der Interleaver kann auch nach der Einheit 6b angeordnet sein. Ebenso kann der Interleaver 5 auch durch zwei Interleaver vor und nach der Ratenanpassungseinheit 6b ersetzt sein usw.

5

Es ist also auch eine Aufgabe dieser Erfindung, Punktierungsmuster weiter zu optimieren und insbesondere an die für den Kanalcodierer verwendeten Polynome anzupassen. Es stellt sich also die Aufgabe, abhängig vom verwendeten Faltungscode (einschließlich der verwendeten Polynome) und der Blocklänge die Menge der zu punktierenden bzw. repetierenden Bits so auszuwählen, dass die Dekodierung möglichst gut durchgeführt werden kann. In der Regel ergeben sich eine große Anzahl an Möglichkeiten, so dass es zumindest sehr zeit- und ressourcenaufwändig ist, ein sehr gutes Ratenanpassungsmuster rein durch Simulation zu entwickeln. Möchte man beispielsweise alle möglichen Punktierungsmuster zur Punktierung von 48 Bit auf 40 Bit untersuchen, so wären das  $48!/(8!*40!) = 377348994$  verschiedene Möglichkeiten, die in vertretbarer Zeit nicht untersucht werden können.

Dieses Problem stellt sich insbesondere für kurze Blocklängen, wie z. B. für die Kontrollinformation der UMTS-Erweiterung HSDPA, und dort insbesondere den HS-SCCH Kanal (High Speed Shared Control Channel). Dieser Kanal überträgt Konfigurationsinformationen, welche angeben, wie die eigentlichen, über einen speziellen Datenkanal gesendete Nutzdaten, kodiert sind und weitere Details, z.B. die zur Übertragung verwendeten Spreizcodes. Im Gegensatz zum Datenkanal, über den sehr viele Daten übertragen werden können sind das vergleichsweise wenig Daten. In UMTS werden zur Kodierung Faltungscode mit der Rate  $\frac{1}{2}$  oder  $\frac{1}{3}$  verwendet, die verwendeten Polynome sind in Fig. 5 gezeigt. Als Polynome bezeichnet man auch die genaue Gestaltung der "Abgreifpunkte", also welche Verzögerungsstufen für die einzelnen Ausgangsbitströme abgegriffen und durch eine Exklusiv-Oder Operation verknüpft werden.

Die Erfindung ist somit insbesondere anwendbar für den sogenannten HS-SCCH (High Speed Shared Controll CHannel).

5 Die Definition der Kodierung des HS-SCCH ist nach derzeitigem Stand der Technik in der Spezifikation 3GPP TS 25.212 V5.0.0 (2002-03), "Multiplexing and channel coding (FDD) (Release 5)" gegeben, insbesondere im Kapitel 4.6 "Coding for HS-SCCH". Diese Spezifikation wird ansonsten in dieser Anmeldung  
10 auch kurz als 25.212 bezeichnet. Im Unterkapitel 4.6.6 "Rate matching for HS-SCCH" wird festgelegt, dass die Ratenanpassung gemäß dem Standard-Ratenanpassungsalgorithmus in Kapitel 4.2.7 "Rate matching" durchgeführt werden muss, der im wesentlichen eine (möglichst) äquidistante Punktierung  
15 bzw. Repetierung bewirkt.

Die Blocklänge der beiden Teile des HS-SCCHs beträgt nach derzeitigem Stand 8 Bit für den ersten Teil, oder falls die Endbits (Tail Bits) miteingeschlossen werden 16 Bit, 29 Bit  
20 für den zweiten Teil, oder falls auch die Endbits (Tail Bits) miteingeschlossen werden 37 Bits. Da die Spezifikation noch im Fluss ist, können sich aber durch Veränderungen an verschiedenen Parametern auch andere Blocklängen ergeben. Des weiteren kommen auch noch die Faltungscodes mit der Rate  $\frac{1}{2}$   
25 oder  $\frac{1}{3}$  in Frage. Insbesondere die folgenden Ratenanpassungen sind relevant:

- a) 32 auf 40 (mit Code-Rate  $R = 1/2$ ), oder
- b) 48 auf 40 (mit Code-Rate  $R = 1/3$ ), und
- 30 c) 74 auf 80 (mit Code-Rate  $R = 1/2$ ), oder
- d) 111 auf 80 (mit Code-Rate  $R = 1/3$ ).

#### **Vorgehen zur Bestimmung von Punktierungs- und Repetierungsmustern**

35

Im Überblick lässt sich also feststellen, dass bei einer Ratenanpassung eine Punktierung und/ oder Repetierung oder

auch eine Repetierung alleine so vorgenommen wird, dass die gesamte Bitfehlerrate (BER) minimal wird. Dazu sei zunächst die Situation in Fig.3 betrachtet: Hier ist die Bitfehlerrate für die einzelnen Bits in einem Rahmen (Frame) aufgetragen.

- 5 Die Abszisse gibt den Index des jeweiligen Bits "(Frame Index)" wieder. Man sieht deutlich, dass die ersten und letzten Bits eine geringere Bitfehlerrate aufweisen. Dies lässt sich in Zusammenhang mit dem Schema für Faltungscodes aus Figur 5 verstehen: Für die Übertragung werden durch den
- 10 Faltungscode jeweils Bits aus den verschiedenen Verzögerungsstufen D des Dekodierers miteinander verknüpft. Die ersten Bits werden z.B. auch mit den ihnen vorhergehenden Bits, also eigentlich nicht existierenden Bits verknüpft. Diese "nicht existierenden Bits" werden dann auf einen
- 15 bekannten Wert, meist Null gesetzt. Dies ist dem Empfänger bekannt, der nun seinerseits mit diesen auf Null gesetzten Bits die ersten übertragenen Bits decodiert. Eine Decodierung ist hier sehr sicher, da ein Teil der Bits mit absoluter Sicherheit bekannt ist.
- 20 Dasselbe trifft zu für die letzten Bits: In Anschluss an sie werden wieder künstlich Bits, die sogenannten End- Bits oder "tail Bits", in die Verzögerungsgliedern D des Dekodierers eingefügt werden; diese End-Bits werden wiederum auf einen bekannten Wert, meist Null gesetzt.
- 25
- Im mittleren Bereich werden Bits miteinander verknüpft, deren Wert am Empfänger nicht mit Sicherheit bekannt ist. Somit ist bei der Decodierung die Wahrscheinlichkeit größer, dass ein Fehler auftritt, was sich in einer höheren Bitfehlerrate
- 30 äußert.

Die Hüllkurve der Bitfehlerrate gegenüber der Rahmennummer ist also hier bei gleichmäßiger Repetierung oder Punktierung zunächst einmal nach oben konvexartig ausgeformt.

- 35 Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, wie sich die Hüllkurve verändert, wenn die Punktierung (oder Repetierung) verändert wird:

a) die Hüllkurve stellt im Wesentlichen eine Horizontale dar (oder nähert sich ihr an):

Das bedeutet, dass die Bitfehlerrate für alle Bits innerhalb eines Rahmens im Wesentlichen gleich ist. Dies geschieht  
5 beispielsweise durch eine Punktierung am Rande oder eine Repetierung in der Mitte, oder beides, auch abhängig davon, auf welche Rate angepasst werden soll.

b) konkavartige Ausbildung der Hüllkurve

In diesem Falle wird beispielsweise am Rand so stark  
10 punktiert, dass die Bits im mittleren Bereich des Rahmens eine geringere Bitfehlerrate aufweisen. Dieser Sachverhalt ist in Figur 2 zu sehen.

c) die Bitfehlerrate ist unregelmäßig gegenüber der Rahmennummer verteilt. Dieser Fall wird aus weiter unten

15 ausgeführten Gründen hier nicht näher betrachtet.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf das Punktieren. Analoge Überlegungen können auch für das Repetieren  
20 angestellt werden oder auch für Kombinationen aus Repetieren und Punktieren:

Es gibt nun sehr viele Möglichkeiten, wie einzelne Bits punktiert werden können. Möchte man beispielsweise, wie  
25 bereits weiter oben ausgeführt, alle möglichen Punktierungsmuster zur Punktierung von 48 Bit auf 40 Bit untersuchen, so wären das  $48!/(8!*40!) = 377348994$  verschiedene Möglichkeiten, die in vertretbarer Zeit nicht alle untersucht werden können.

30 Ziel ist es daher, von vorneherein nicht sinnvolle Möglichkeiten zu eliminieren. Dies geschieht nicht über beliebiges Repetieren und/oder Punktieren, weshalb Alternative c) hier nicht weiter betrachtet wird.

35 Ein Ordnungsprinzip ist in Figur 7 gezeigt. Für die ersten 9 Inputbits 1-9 sowie die letzten 9 Inputbits n-8 bis n wird



das Punktierungsniveau für die jeweilige Ausgangsstufe Output 0, Output 1, Output 2 aufgezeigt. Die Ausgangsstufen selbst sind, wie in Fig. 5 zu sehen, die jeweilige Ausgangsfunktion, die aus allen, dem momentan betrachteten Inputbit zeitlich  
5 vorhergehenden Inputbits durch Verknüpfung gebildet wird. Hier werden die Ausgangsstufen von Fig. 5b) betrachtet, also den Rate 1/3 Faltungscoder (convolutional encoder). Für ein Punktieren mit möglichst geringem Informationsverlust bietet es sich an, zunächst Bits wegzulassen (Punktieren),  
10 die wenig Einfluss auf andere Bits haben. Das Punktierungsniveau gibt also an, wie viele Bits durch eine Punktierung des betrachteten Bits beeinflusst werden.

Eine beispielhafte Vorgehensweise für das Weglassen oder  
15 Punktieren von Bits ist in Figur 8 gezeigt. In der ersten Spalte sind wieder die ersten 9 Inputbits 1-9 angegeben, sowie die letzten 9 Inputbits  $n-8$  bis  $n$ . In den folgenden Spalten sind die Bitnummern der von der Punktierung betroffenen Informationsbits, also  
20 Informationsbits oder Eingangsbits, für die jeweilige Ausgangsstufe Output 0, Output 1 und Output 2 gezeigt. Die Tabellenfelder sind - wie schon in Fig.7 - mit steigender Anzahl der beeinflussten Informationsbits zunehmend dunkler hinterlegt. Die zu den hellen Tabellenfeldern gehörenden Bits  
25 sind also Kandidaten für das Punktieren.

In Figur 9 ist eine Tabelle aufgeführt, in der die wichtigen Größen bei Punktierung in der Nähe der Enden, also Punktierung der ersten und letzten Bits, beleuchtet werden.  
30 Es werden  $n$  Eingangsbits (Informationsbits) und  $k$  kodierte Bits (Bits an der Ausgangsstufe, Ausgangsbits) betrachtet. In der ersten Spalte ist die Anzahl der punktierten Ausgangsbits (# punct bits) angegeben, in der letzten Spalte (Kumulative) die Anzahl der davon betroffenen  
35 Informationsbits am Eingang, wobei Eingangsbits, die mehrfach betroffen sind, also durch die Punktierung von mehreren Ausgangsbits, auch entsprechend mehrfach gezählt werden.

In der zweiten Spalte ist unter Sequenz angegeben, welches Ausgangsbit (Bitnummer) in diesem Schritt punktiert wurde. Die Punktierung erfolgt dabei, beginnend mit den am wenigsten wichtigen Bits in der ersten Zeile, hin zu den folgenden Bits in den folgenden Zeilen. Das Gesamt-Punktierungsmuster für z.B. 7 zu punktierende Bits ergibt sich somit aus den in Spalte 2 in den Zeile 1 bis 7 angegebenen Bits, also den Bits 1, k, 4, k-4, k-6, 2, k-1. Dieses Muster umfasst also die Bits 1, 2, 4, k-6, k-4, k-1, k.

10 Oberhalb der ersten Zeile befindet sich die Indizierung für die ersten Informationsbits 1-9 sowie die letzten Informationsbits k-8 bis k. Aus Platzgründe wird statt k-8 nur -8 usw. geschrieben. Die Einträge in den Spalten unter der Indizierung der Informationsbits geben an, wie stark das

15 betreffende Informationsbit durch die Punktierung der Ausgangsbits, die in der 2. Spalte bis zur jeweiligen Zeile angegeben sind und also punktiert werden, betroffen wird. Das heißt, wie viele der punktierten Ausgangsbits waren mit diesem Informationsbit verknüpft. Das ist ein Maß dafür, wie

20 stark das betreffende Informationsbit durch die Punktierung geschwächt wurde.

In der letzten Spalte (Kumulative) ist schließlich die Summe dieser Beeinträchtigungen aufgeführt. Sie wird hier

25 kumulativen Punktierungsstärke genannt.

Die Spalte Mittelwert gibt das Verhältnis V der Summe der letzten Spalte beteiligt durch die Anzahl der betroffenen Informationsbits an. Beispielsweise ergibt sich für 6

30 punktierte Bits  $V = (2+1+1+1+1)/(1+1+1+1+1) = 1,2$

Die mittlere Punktierungsrate (Mittl. P-Rate) ist die Spalte "Mittelwert" geteilt durch 18, die Gesamtzahl der pro Informationsbit bei der Encodierung auftretenden "exklusiv oder"-Verknüpfungen.

35 Eine Vorgehensweise, um eine beliebige Anzahl von Bits zu punktieren, besteht darin, Tabellen analog den oben genannten anzufertigen. Für Rate 1/3 und die betrachteten Polynome des

Faltungskodierers können die gezeigten Tabellen verwendet werden. Bei anderen Kodierungsraten und/oder anderen Polynomen können die Tabellen leicht analog bestimmt werden. Mit Hilfe dieser Tabellen legt man dann eine

5 Punktierungsreihenfolge fest, wo zuerst solche Ausgangsbits punktiert werden, die nur einen geringen Einfluss auf die kumulativen Punktierungsstärke haben. Gibt es dabei mehrere Alternative, so werden bevorzugt solche Bits punktiert, welche das Maximum der Punktierungsstärke der einzelnen Bits  
10 minimieren.

Für höhere Anzahl zu punktierender Bits und/oder größeren Blocklängen muss i. d. R. die Information aus den Tabellen mit der Idee, möglichst gleichverteilt über den gesamten Block zu punktieren, kombiniert werden. Es bietet sich dann  
15 an, im mittleren Teil zusätzlich gezielt Bits zu punktieren, die vom Generatorpolynom mit den wenigsten Potenzen, d.h. mit den wenigsten Verknüpfungen generiert werden. Gleichzeitig ist jedoch darauf zu achten, dass die Gesamtverteilung der Punktierungsstärke im mittleren Bereich des Rahmens keine  
20 deutlichen Überhöhungen aufweist.

Für Repetierung gilt entsprechendes, jeweils mit umgekehrtem Vorzeichen. Das heißt, dass Bits die gemäß der Heuristik zuerst punktiert würden nun zuletzt repetiert werden und dass  
25 generell zuerst eine gleichmäßige Repetierung im Mittelteil durchgeführt wird, bevorzugt von den Polynomen mit den meisten Verknüpfungen. Danach werden am Rand solche Bits repetiert, die (bei Punktierung) einen möglichst großen Einfluss auf die kumulativen Punktierungsstärke haben.

30

Im Unterschied zu Verfahren, bei denen die Punktierungsrate zu den Enden hin stetig zunimmt, führt dies zu einem an sich ein unerwarteten Ergebnis, da man erwarten würde, dass die Zuverlässigkeit der kodierten Bits zu den Enden hin  
35 stetig zunimmt. Es zeigt sich aber bei genauer Betrachtung der Polynome für den verwendeten Faltungskodierer, dass diese Annahme überraschenderweise nicht stimmt. Durch die

spezifischen Eigenschaften der Polynome ergeben sich, insbesondere am Ende, kodierte Bits, die weniger effektiv zur Kodierung beitragen. Diese Bits treten aber nicht zum Ende hin in stetig zunehmendem Maße auf, sondern sind etwas unregelmäßig verteilt. Indem man das Punktierungsmuster speziell auf diese "schwachen" Bits hin ausrichtet, also bevorzugt diese Bits punktiert, kann man die Kodierung noch weiter verbessern.

Die Erfindung bedient sich also eines heuristischen Verfahrens, das erlaubt:

- mittels einer neu definierten, heuristischen Metrik die Auswirkung der Punktierung / Repetierung eines codierten Bits auf die zugrunde liegenden Informationsbits näherungsweise zu ermitteln,
- gezielt und für jeden Faltungscode spezifisch Bits auszuwählen, die punktiert bzw. repetiert werden sollen,
- die Anzahl der zu untersuchenden Ratenanpassungsmuster stark einzuschränken.

Nachdem, basierend auf diesem Verfahren, einige wenige erfolgversprechende Ratenanpassungsmuster ermittelt worden sind, werden diese anhand der Rahmenfehlerrate und der Bitfehlerrate jedes einzelnen Informationsbits (im Folgenden als Bitfehlerratenverteilung bezeichnet) verglichen. Iterativ kann dann, basierend auf der entwickelten Metrik, das Ratenanpassungsmuster weiter verfeinert und optimiert werden. Als Startinformation dient die Bitfehlerratenverteilung des unpunktierten / nicht-repetierten Blocks

Als heuristische Metrik wird die Punktierungsstärke  $S_i$  pro Bit Informationsbit  $i$  definiert als die Anzahl der durch die Punktierung nicht übertragenen Verknüpfungen eines Informationsbits mit den jeweiligen Ausgangsbits des Encoders.  $S_i$  ist daher für Punktierung positiv. Für Repetierung wird für jede  $n$ -fach übertragene Verknüpfung  $S_{i,k} = n-1$  definiert.

$S_{max}$  ist die maximal mögliche Punktierungsstärke, gegeben durch die codespezifische Gesamtzahl der bestehenden Verknüpfungen:

- 5 Ein gutes Ratenanpassungsmuster wird nach folgenden Gütekriterien gesucht:
1. Wähle die kumulative Punktierungsstärke nahe beim möglichen Minimum
  2. Sorge für eine möglichst gleichverteilte Bitfehlerrate
- 10 über allen Informationsbits

Für die Auswahl der zu punktierenden/repetierenden Bits werden basierend auf den Generatorpolynomen des Codes, für den Anfang und das Ende des kodierte Blocks Tabellen

15 aufgestellt, welche die kumulative Punktierungsstärke pro codiertem Bit, sowie die betroffenen Informationsbits darstellen. Damit lassen sich die codierten Bits in sog. Klassen der kumulativen Punktierungsstärke einteilen.

- 20 Nach dem obigen Gütekriterium werde nun anhand dieser Tabellen zu punktierende / zu repetierende Bits so ausgesucht, dass zunächst für diejenigen Informationsbits, die eine niedrigere Bitfehlerrate zeigen als andere Bits, die Punktierungsstärke erhöht wird und gleichzeitig die
- 25 kumulative Punktierungsstärke gering gehalten wird. Die Punktierungsstärke wird also umgekehrt proportional zur Bitfehlerrate des Informationsbits gewählt und zudem werden gezielt Bits ausgesucht, die wenig zur kumulativen Punktierungsstärke beitragen.

30 Dieses Verfahren wird danach, basierend auf dem ersten ermittelten Muster iterativ angewendet, so dass schon nach wenigen Simulationen ein für den jeweiligen Faltungscode spezifisch optimiertes Ratenanpassungspattern gefunden werden

35 kann.

In den Fig. 11 und 12 sind verschiedene Möglichkeiten für erfindungsgemäße Punktierungsmuster dargestellt, wobei jeweils die Nummern der zu punktierenden Bits (die Zählung beginnt bei 1) angegeben sind. Die Tabellen sind für  
5 unterschiedliche Anzahlen von zu übertragenden Informationsbits und unterschiedliche Anzahlen von nach der Ratenanpassung zu übertragende Bits angegeben.

In Fig. 3 ist beispielhaft der Verlauf der Bitfehlerrate für  
10 die einzelnen übertragenen Bits eines Datenblocks in Abhängigkeit von ihrer Position oder Lage in dem Datenblock für eine herkömmliche Punktierung mit einem regelmäßigen Punktierungsmuster aufgetragen.

15 In Fig. 2 ist dieser Verlauf für eine erfindungsgemäße Punktierung mit dem Muster Nummer 33 aus Fig. 12, welches sich in Simulationen als besonders geeignet herausgestellt hat, gezeigt. Aus Fig. 2 ist ersichtlich, dass durch Verwendung des erfindungsgemäßen Punktierungsmusters, ein  
20 gleichmäßigerer Verlauf der Bitfehlerrate über den gesamten Datenblock erzielt werden kann. Da im mittleren Bereich des Datenblocks gegenüber der herkömmlichen Vorgehensweise weniger häufig punktiert wird, kann dort eine geringere Fehlerwahrscheinlichkeit erhalten werden. Tatsächlich steigt  
25 die Fehlerrate nun zu den Enden hin etwas an, was auf den ersten Blick ungünstig erscheinen könnte. Das resultiert aber daher, dass am Rand besonders viele "schwache" Bits sind, wie bereits oben ausgeführt, wo eine Punktierung recht günstig durchgeführt werden kann.

30 In Fig. 4 ist für dieselben Fälle der Verlauf der Gesamtfehlerrate über den Verhältnis der Energie der übertragenen Bits zur Rauschleistungsdichte aufgetragen. Aus Fig. 4 ist ersichtlich, dass mit Hilfe der Erfindung (untere Kurve, Kreise) eine gegenüber der herkömmlichen  
35 Vorgehensweise (obere Kurve, Kreuze) eine um ca. 0,2dB verbesserte Rahmenfehlerrate erzielt werden kann.

Ähnliche Verbesserungen lassen sich auch bei anderen Parametern erzielen. Beispielsweise zeigt die Fig. 6 den Verlauf der Bitfehlerrate für die einzelnen übertragenen Bits eines Datenblocks in Abhängigkeit von ihrer Position in dem

5. Datenblock für eine herkömmliche Punktierung mit einem regelmäßigen Punktierungsmuster bei einer Kodierung mit Rate  $1/3$  und einer Punktierung von 8 Bit (48 auf 40 Bit). Das entspricht einer Übertragung von 8 Input Bits. Fig. 10 zeigt die Verteilung, wenn statt dessen das Punktierungsmuster Nr.  
10 3 aus Fig. 11 verwendet wird, welches sich in Simulationen ebenfalls als besonders geeignet herausgestellt hat. Man sieht, dass sich hier eine sehr ausgeglichene Verteilung ergibt. Auch hierbei ergibt sich eine Verbesserung um ca. 0,2dB (hierfür ist aber keine Kurve angefügt, da sie nicht  
15 weitere wesentliche Erkenntnisse bringt).

Die Figur 16 zeigt weitere bevorzugte Ausführungsbeispiele im Rahmen der Erfindung mit einer Punktierung von 14 von 54 Bits, wobei die Muster 3 und 4 die besten Ergebnisse erzielen.

20

Die Figuren 13, 14 und 15 zeigen bevorzugte Repetierungsmuster, welche auch durch Anwendung der in dieser Erfindung gezeigten Regeln gewonnen wurden.

25 Die vorliegende Erfindung wurde bisher anhand der Verwendung in einem Mobilfunksender beschrieben. Selbstverständlich kann die Erfindung jedoch auch auf Mobilfunkempfänger ausgedehnt werden, wo ein zur Anpassung der Datenrate auf oben beschriebene Art und Weise punktiertes bzw. repetiertes  
30 Signal entsprechend dem jeweils verwendeten Punktierungs- bzw. Repetierungsmuster aufgearbeitet werden muss. Dabei werden in dem jeweiligen Empfänger für sendeseitig punktierte bzw. repetierte Bits zusätzliche Bits in den Empfangs-  
35 Bitstrom eingefügt bzw. zwei oder mehr Bits des Empfangs- Bitstroms zusammengefasst. Bei Einfügen von zusätzlichen Bits wird für diese gleichzeitig in Form einer sogenannten 'Soft Decision'-Information vermerkt, dass ihr Informationsgehalt

sehr unsicher ist. Die Verarbeitung des Empfangssignals kann in dem jeweiligen Empfänger sinngemäß in umgekehrter Reihenfolge zu Fig. 1 erfolgen.

**5 Weitere unter Verwendung des oben erläuterten Vorgehens ermittelte Ratenanpassungsmuster**

Die bisher angegebene Punktierungsmuster konzentrieren sich überwiegend auf eine Punktierung in den Endbereichen oder/und  
10 eine Repetierung im mittleren Bereich.

Die nun beschriebenen weiteren Ratenanpassungsmuster wurden mit dem in dem vorher erläuterten Verfahren für verschiedene Vorschläge zur HS-SCCH Codierung in der Standardisierung  
15 ermittelt. Angegeben sind jeweils die zu punktierenden bzw. zu repetierenden Bits. Die Bits werden von 1 bis N durchnummeriert. Das bevorzugte Muster wird jeweils zuerst genannt, die weiteren Muster weisen aber stets ähnlich günstige Eigenschaften auf.

20 Die Figur 17, in der diese weiteren Punktierungsmuster aufgeführt sind, stellt also eine Ergänzung zur Figur 12 dar. Entsprechend sind in den Figuren 18- 24 Punktierungsmuster für verschiedene Ausgangsbitraten dargestellt und in Fig. 25 weitere Repetierungsmuster.

25

**Approximation von bevorzugten Ratenanpassungsmustern unter Verwendung von bereits in UMTS spezifizierter Komponenten.**

30 Die bisher gezeigten Muster haben das Ziel, eine möglichst optimale Auswahl von zu punktierenden bzw. zu repetierenden Bits vorzuschlagen, wobei ansonsten keine weiteren Einschränkungen bezüglich der Muster vorausgesetzt werden. In praktischen Implementierungen kann es aber vorteilhaft sein,  
35 nur solche Muster zu betrachten, welche sich mit möglichst kleinen Änderungen an bestehenden Ratenanpassungsschaltungen implementieren lassen. Eine entsprechende



Ratenanpassungsvorschrift ist in der bereits erwähnten Spezifikation 25.212 v5.0.0, Kap. 4.2.7 „Rate matching“ (Ratenanpassung) beschrieben. Im folgenden wird der Teil dieser Vorschrift, der die eigentliche Punktierung oder Repetierung vornimmt und im Kapitel 4.2.7.5 „Rate matching pattern determination“ (Bestimmung von Mustern zur Ratenanpassung) beschrieben ist, sinngemäß wiedergegeben. Auszug aus der Spezifikation:

- 10 Vor der Ratenanpassung werden die Bits mit  $x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{iX_i}$  gekennzeichnet. Hierbei stellt  $i$  die Transportkanal Nummer dar, die Sequenz selbst ist in den Abschnitten 4.2.7.4 der Spezifikation für den Uplink und in 4.2.7.1. für den Downlink definiert. Als Uplink wird die Verbindung eines
- 15 Kommunikationsgeräts zur Basisstation verstanden, als Downlink die Verbindung einer Basisstation zu einem Kommunikationsgerät.

- Die Regel zur Ratenanpassung ist in dem in Fig. ??? gezeigten Programmausschnitt wiedergegeben, welcher bei Erfüllen der
- 20 Bedingung abläuft, dass eine Punktierung durchgeführt wird.
- Es wird zunächst ein Fehlerwert  $e$  auf einen Anfangswert gesetzt welcher zwischen dem ursprünglichen Fehlerwert und der gewünschten Punktierungsrate liegt.
  - In einer Schleife mit dem Index  $m$  des momentan
  - 25 betrachteten Bits als Laufparameter wird bis zum Ende der Sequenz, also bis zum Index  $X_i$ 
    - Zunächst der Fehlerwert  $e$  auf  $e - e_{\text{minus}}$  gesetzt, wobei  $e_{\text{minus}}$  im Wesentlichen die Anzahl der zu punktierenden Bits darstellt.
    - 30 - Anschliessend wird überprüft, ob der Fehlerwert  $e \leq 0$  ist
      - In diesem Falle wird überprüft, ob das Bit mit dem Index  $m$  punktiert werden soll, wobei ein zu punktierendes Bit dann auf einen Wert  $\delta$  gesetzt
      - 35 wird, der verschieden von 0 oder 1 ist.

Im Falle dass eine Repetierung stattfinden soll, findet ein im Wesentlichen analoger Vorgang statt, wobei dann ein repetiertes Bit direkt hinter das ursprüngliche Bit gesetzt wird.

5 Bit

Bei einer Punktierung werden dann im weiteren Verlauf dann die Bits die auf den Wert  $\delta$  gesetzt wurden entfernt, so dass diese Bits also punktiert werden.

- 10 Die Parameter  $X_i$ ,  $e_{ini}$ ,  $e_{plus}$ , und  $e_{minus}$  werden jeweils so gewählt, dass die gewünschte Ratenanpassung zu erzielt werden kann. Es gilt dann im Wesentlichen  $e_{plus} = X_i$ ,  $e_{minus} = N_p$ , wobei  $X_i$ , die Anzahl der Bits vor der Ratenanpassung bezeichnet und  $N_p$  die Anzahl der zu punktierenden bzw.
- 15 repetierenden Bits.  $e_{ini}$  kann im Bereich zwischen 1 und  $e_{plus}$  im Prinzip beliebig gewählt werden, wobei sich eine leichte Verschiebung des Musters ergibt, dies wird in gewissen Fällen (Ratenanpassung nach einem ersten Interleaving (Verschachteln)) verwendet, um die Muster in verschiedenen
- 20 Rahmen geeignet gegeneinander zu verschieben. Der Parameter  $i$  kennzeichnet in der Spezifikation unterschiedliche Transportkanäle. Dieser Parameter ist aber im vorliegenden Fall irrelevant wird daher weggelassen. Nachfolgend werden Möglichkeiten gezeigt, wie man mittels diesem bereits
- 25 vorhandenen Rate Matching Algorithmus bevorzugte Ratenanpassungsmuster für kurze Blockgrößen bei Faltungscodes approximieren kann. Dabei wird unter der Randbedingung dieses Algorithmus versucht, bei Punktierung bevorzugt Bits an den Enden des Codeblocks zu verwenden und bei Repetierung vor
- 30 allem Bits aus der Mitte des Codeblocks. Ein Kernaspekt dieses Ausführungsbeispiels besteht darin, den Parameter  $e_{ini}$  nicht auf den Wertebereich von 1 bis  $e_{plus}$  zu beschränken, sondern statt dessen in vorteilhafter Weise außerhalb dieses Bereiches zu wählen. Eine solche Wahl mag auf den ersten
- 35 Blick widersinnig erscheinen, weil dann nicht mehr sichergestellt ist, dass die gewünschte Anzahl von Bits punktiert bzw. repetiert wird. Durch eine vorteilhafte

Anpassung der Werte von  $e_{plus}$  und  $e_{minus}$  kann aber erzielt werden, dass dennoch die gewünschte Anzahl erreicht wird.

Es sei:

5

$X_i$ : Anzahl der Bits vor Rate Matching

$N_p$ : Anzahl zu punktierender / repetierender Bits (der Index  $p$  in  $N_p$  weist auf die Anzahl der zu punktierenden Bits hin,  $N_p$  kann aber auch die Anzahl der zu repetierenden Bits bezeichnen)

10

Um die Anwendung des Rate Matching Algorithmus und damit die Ratenanpassungsmuster vollständig zu spezifizieren, müssen jeweils der Fehleranfangswert  $e_{ini}$ , das Fehlerinkrement  $e_{plus}$  und das Fehlerdekrement  $e_{minus}$  angegeben werden, da diese Parameter das Ratenanpassungsmuster vollständig beschreiben.

15

Im folgenden wird die Approximation von bevorzugten Ratenanpassungsmustern mittels dem im Release 99 UMTS Rate-Matching aufgeführten Algorithmus dargestellt.

20

Nachfolgend werden Möglichkeiten gezeigt, wie mittels des bereits im Standard vorhandenen Rate Matching Algorithmus (Datenraten-Anpassungsalgorithmus) bevorzugte Ratenanpassungsmuster für kurze Blockgrößen bei Faltungscodes approximiert werden können. Dabei wird unter der Randbedingung dieses Algorithmus versucht, bei Punktierung bevorzugt Bits an den Enden des Codeblocks zu verwenden und bei Repetierung vor allem Bits aus der Mitte des Codeblocks.

25

30

### **Punktierung**

Die Parameter des Rate Matching Algorithmus werden so gewählt, dass die ersten  $N_0$  Bits am Beginn des Codeblock punktiert werden, dazu muss gelten

35

$$N_0 \cdot (e_{minus} - e_{plus}) < e_{ini} \leq N_0 \cdot e_{minus} - (N_0 - 1) \cdot e_{plus} \quad (1)$$

Als weiteres Kriterium ist vorgesehen, dass auch das letzte Bit des Blocks punktiert wird, und zwar gemäß folgender

5 Bedingung:

$$(N_0 - 1) \cdot (e_{minus} - e_{plus}) < e_{ini} \quad (2)$$

In diesem Fall wird nämlich der Wert der Fehlervariablen  $e$  genau beim letzten Bit negativ werden, was bedingt, dass dann  
10 dieses Bit punktiert wird.

Beide Kriterien werden z. B. durch folgende bevorzugte Wahl der Parameter erfüllt:

$$e_{plus} = X_i - N_0 \quad (3)$$

15  $e_{minus} = N_p - N_0 \quad (4)$

$$e_{ini} = N_0 \cdot e_{minus} - (N_0 - 1) \cdot e_{plus} \quad (5)$$

In diesen Formeln ist auch der Spezialfall, dass kein Bit am  
20 Beginn des Codeblocks punktiert werden soll ( $N_0 = 0$ ),  
enthalten. Es gilt dann:  $e_{ini} = X_i$ ,  $e_{plus} = X_i$ ,  $e_{minus} = N_p$ .

Die allgemeinen Implementierungen, welche  $e_{ini}$  nach den  
Formeln (1) bis (4) wählen, ergeben Ratenanpassungsmuster,  
25 welche sich von denjenigen der bevorzugten Parameterwahl nach  
(3) bis (5) lediglich dadurch unterscheiden, dass von der  
( $N_0 + 1$ )-ten bis zur ( $N_p - 1$ )-ten Punktierungsstelle der  
Index des zu punktierenden Bits um eins erniedrigt sein kann.

30 Für das Anwendungsbeispiel einer Punktierung von 48 Bit auf  
40 Bit zeigt die Tabelle in Fig. 26 Punktierungsmuster nach  
der bevorzugten Parameterwahl bis zu  $N_0 = 6$ . Die nicht fett  
gedruckten Punktierungsstellen können durch Variation des  $e_{ini}$   
Wertes gemäß (1) und (2) entweder teilweise oder vollständig  
35 um eins erniedrigt werden.

Die nachfolgend in Fig. 27 dargestellte Tabelle zeigt in gleicher Weise die resultierenden Muster für eine Punktierung von 111 Bit auf 80 Bit.

- 5 Obwohl sich auf diese Weise nicht die optimalen Punktierungsmuster, die bereits weiter oben besprochen wurden, erzielen lassen, so kann man mit diesem Verfahren doch eine gewisse Verbesserung der Übertragungsqualität gegenüber dem derzeitigen Stand der Spezifikation erreicht werden, wobei die vorzunehmenden Änderungen vergleichsweise gering sind.

### Repetierung

- 15 Die Parameter des Rate Matching Algorithmus werden erfindungsgemäß so berechnet, dass ein maximaler Abstand des letzten zu repetierenden Bits vom Blockende garantiert wird, es muss also gelten:

$$e_{ini} = 1 + X_i \cdot e_{minus} - N_p \cdot e_{plus} \quad (6)$$

- 20 Weiterhin kann der mittlere Abstand zwischen zu repetierenden Bits  $R_R$  vorgegeben werden.  $R_R$  muss nicht eine ganze Zahl sein, sondern kann eine positive rationale Zahl sein. Es gilt dann:

$$R_R = \frac{e_{plus}}{e_{minus}}, \quad (7)$$

- 25 Somit können  $e_{plus}$  und  $e_{minus}$  unter der Randbedingung, dass ihr Quotient gerade  $R_R$  ergibt und insgesamt  $N_p$  Bits repetiert werden, frei gewählt werden.

- 30 Soll das erste zu repetierende Bit, genauer gesagt die Position des ersten zu repetierenden Bits (hier als  $b_1$  bezeichnet) vorgegeben werden, so muss neben (6) gelten

$$\frac{e_{ini}}{b_1} \leq e_{minus} < \frac{e_{ini}}{b_1 - 1}, \quad (8)$$

wobei  $e_{minus}$  eine Ganzzahl sein sollte und  $b_1 \leq X_i - N_p + 1$ .

Eine bevorzugte Parameterwahl ergibt für

$$e_{\text{minus}} = N_p \quad (9)$$

$$e_{\text{plus}} = X_i - b_1 + 1 \quad (10)$$

5  $e_{\text{ini}} = (b_1 - 1) \cdot N_p + 1 \quad (11)$

Mit dieser Wahl der Parameter ist die Position des ersten zu repetierenden Bits  $b_1$ , und es werden, wie gefordert,  $N_p$  Bits repetiert.

- 10 Auch hier sind die entstehenden Repetierungsmuster nicht optimal, verglichen mit den bereits weiter oben besprochen Mustern. Trotzdem kann man mit diesem Verfahren doch eine gewisse Verbesserung der Übertragungsqualität gegenüber dem  
15 derzeitigen Stand der Spezifikation erreicht werden, wobei die vorzunehmenden Änderungen wiederum vergleichsweise gering sind. Durch eine günstige Wahl des Parameters  $b_1$  kann erreicht werden, dass die Repetierung nicht schon am Anfang beginnt. Am Anfang ist eine Repetierung nämlich nicht nötig, da die Bits am Anfang des Faltungsdecoders wie oben gezeigt  
20 ohnehin schon eine vergleichsweise niedrige Fehlerrate aufweisen. Viel nutzbringender ist es also, wenn die zu repetierenden Bits, wie durch dieses Verfahren geschehen eher zur Mitte hin konzentriert werden. Ein Nachteil dieses Ausführungsbeispiels ist allerdings, dass es nur am Anfang  
25 Repetierung vermeidet, während die Verhältnisse am Ende weit weniger positiv beeinflusst werden können. Das ist der Preis, der für die vereinfachte Implementierung gezahlt werden muss.

- Selbstverständlich ist auch eine Kombination von oben  
30 genannten Kriterien bei der Auswahl eines Punktierungsmusters möglich. Beispielsweise kann man ein Muster aus zwei hier vorgestellten Mustern kombinieren, indem am Anfang der Anfang des einen Musters verwendet wird und am Ende das Ende des zweiten Musters. Des weiteren ist es unerheblich, wenn die  
35 Bits in einer veränderten Reihenfolge ausgegeben werden, und

gleichzeitig das Punktierungsmuster analog angepasst wird. Beispielsweise kann man die Reihenfolge der Polynome im Faltungskodierer vertauschen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Anpassung der Datenrate eines Datenstroms  
in einer Kommunikationsvorrichtung,  
5     - wobei der Datenstrom in zumindest einen Datenblock  
unterteilbar ist, welcher zu übertragende  
Übertragungsbits enthält,  
- wobei die Übertragungsbits durch einen Codiervorgang  
aus informationstragenden Eingangsbits gebildet werden,  
10     - bei dem zur Anpassung der Datenrate aus einem  
Datenblock des Datenstroms bestimmte Übertragungsbits  
entfernt (punktiert) werden,  
- wobei durch ein Punktierungsmuster vorgegeben wird,  
welche Übertragungsbits zu entfernen sind,  
15     - und das Punktierungsmuster derart ausgelegt ist, dass  
bevorzugt Übertragungsbits entfernt werden, die über den  
Codiervorgang von wenigen Eingangsbits abhängen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Punktierungsmuster  
20     durch folgende Schritte gebildet wird:  
- Ermittlung einer kumulativen Punktierungsstärke, welche  
angibt, welcher Anteil von Informationsbits durch  
Entfernen von Übertragungsbits aus dem Datenblock  
entfernt wurde,  
25     - Bildung einer Entscheidungsfunktion in Abhängigkeit von  
der kumulativen Punktierungsstärke,  
- Minimieren der Entscheidungsfunktion zur Ermittlung des  
Punktierungsmusters.
- 30   3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei  
dem das Punktierungsmuster über eine Punktierungsrate den  
Abstand zwischen zu entfernenden Übertragungsbits  
vorgibt, wobei die Punktierungsrate für unterschiedliche  
Bereiche im Datenblock unterschiedlich ist.
- 35   4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Punktierungsrate  
im mittleren Bereich des Datenblocks im Wesentlichen



äquidistante Abstände zwischen den zu entfernenden Bits aufweist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
dass das Punktierungsmuster derart ausgestaltet ist, dass  
durch die Punktierung, von dem vorderen Ende des zu  
punktierenden Datenblocks her betrachtet, einen Abschnitt  
aus folgender Reihe (Bitpositionen) enthält: 1, 4, 2, 3,  
10 8, 7, 5, 6, 15, 12, 14, 11, 10, 9 wobei "1" der ersten  
Bitposition entspricht.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
15 dass das Punktierungsmuster derart ausgestaltet ist, dass  
durch die Punktierung, von dem hinteren Ende des zu  
punktierenden Datenblocks her betrachtet, einen Abschnitt  
aus folgender Reihe (Bitpositionen) enthält: 0, 4, 6, 1,  
2, 15, 12, 10, 9, 7, 4, 5, 18, 13, 8, wobei "0" der  
20 letzten Bitposition entspricht.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Punktierungsmuster derart ausgestaltet ist, dass  
25 8 von 48 Bit punktiert werden und zwar die Bit 1, 2, 4,  
8, 42, 45, 47, 48.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
30 dass das Punktierungsmuster derart ausgestaltet ist, dass  
31 von 111 Bit punktiert werden und zwar die Bit 1, 2, 3,  
4, 5, 6, 7, 8, 12, 14, 15, 24, 42, 48, 54, 57, 60, 66,  
69, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110,  
111.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Punktierungsmuster derart ausgestaltet ist, dass  
14 von 54 Bit punktiert werden und zwar die Bit 1, 2, 3,  
5 4, 7, 8, 36, 39, 42, 48, 51, 52, 53, 54.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1-8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Punktierungsmuster derart ausgestaltet ist, dass  
10 14 von 54 Bit punktiert werden und zwar die Bit 1, 2, 3,  
4, 6, 7, 8, 39, 45, 48, 51, 52, 53, 54.
11. Verfahren zur Anpassung der Datenrate eines Datenstroms  
in einer Kommunikationsvorrichtung,  
15 - wobei der Datenstrom in zumindest einen Datenblock  
unterteilbar ist, welcher zu übertragende  
Übertragungsbits enthält,  
- wobei die Übertragungsbits durch einen Codiervorgang  
aus informationstragenden Eingangsbits gebildet werden,  
20 - bei dem zur Anpassung der Datenrate aus einem  
Datenblock des Datenstroms bestimmte Übertragungsbits  
wiederholt (repetiert) werden,  
- wobei durch ein Repetierungsmuster vorgegeben wird,  
welche Übertragungsbits zu repetieren sind,  
25 - und das Punktierungsmuster derart ausgelegt ist, dass  
bevorzugt Übertragungsbits repetiert werden, die über den  
Codiervorgang von vielen Eingangsbits abhängen.
12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem das  
30 Repetierungsmuster durch folgende Schritte gebildet wird:  
- Ermittlung einer Funktion einer kumulativen  
Repetierungsstärke, welche angibt,  
- welcher Anteil von Eingangsbits durch Wiederholen von  
Übertragungsbits im Datenblock wiederholt wurde,  
35 - Bildung einer Entscheidungsfunktion in Abhängigkeit von  
der kumulativen Repetierungsstärke,

- Maximieren der Entscheidungsfunktion zur Ermittlung des Repetierungsmusters.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 11 oder  
5 12,

dadurch gekennzeichnet,  
dass die Repetierungsrate des Repetierungsmusters, welche  
den Abstand zwischen den zu repetierenden Bits vorgibt,  
im mittleren Bereich des Datenblocks im wesentlichen  
10 äquidistante Abstände bedingt und am Rand des Datenblocks  
so große Abstände, dass keine Bit repetiert werden.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 11 bis  
13,

15 dadurch gekennzeichnet,  
dass das Repetierungsmuster derart ausgestaltet ist, dass  
4 von 36 Bits repetiert werden und zwar die Bits 16, 18,  
20, 22.

20 15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Datenblock, in welchem die Ratenanpassung  
durchgeführt wird, mit einem Faltungscode codierte Daten  
umfasst.

25 16. Kommunikationsvorrichtung,  
mit einer Ratenanpassungseinrichtung (6) zur Punktierung  
oder Repetierung eines Datenblocks eines der  
Ratenanpassungseinrichtung (6) zugeführten Datenstroms  
30 gemäß einem bestimmten Ratenanpassungsmuster zur  
Anpassung der Datenrate des Datenstroms, wobei die  
Ratenanpassungseinrichtung durch die Punktierung oder  
Repetierung dem Ratenanpassungsmuster entsprechende Bits  
aus dem Datenblock entfernt oder wiederholt,  
35 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Ratenanpassungseinrichtung (6) derart  
ausgestaltet ist, dass sie die Ratenanpassung mit einem

Punktierungsmuster oder Repetierungsmuster durchgeführt, welches nach einem der vorstehenden Ansprüche 1-15 ausgestaltet ist.

- 5 17. Kommunikationsvorrichtung nach Anspruch 16,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Kommunikationsvorrichtung (1) eine  
Mobilfunksende- oder Mobilfunkempfangsvorrichtung,  
insbesondere eine UMTS-Mobilfunksende- oder UMTS-  
10 Mobilfunkempfangsvorrichtung, ist.

FIG 1

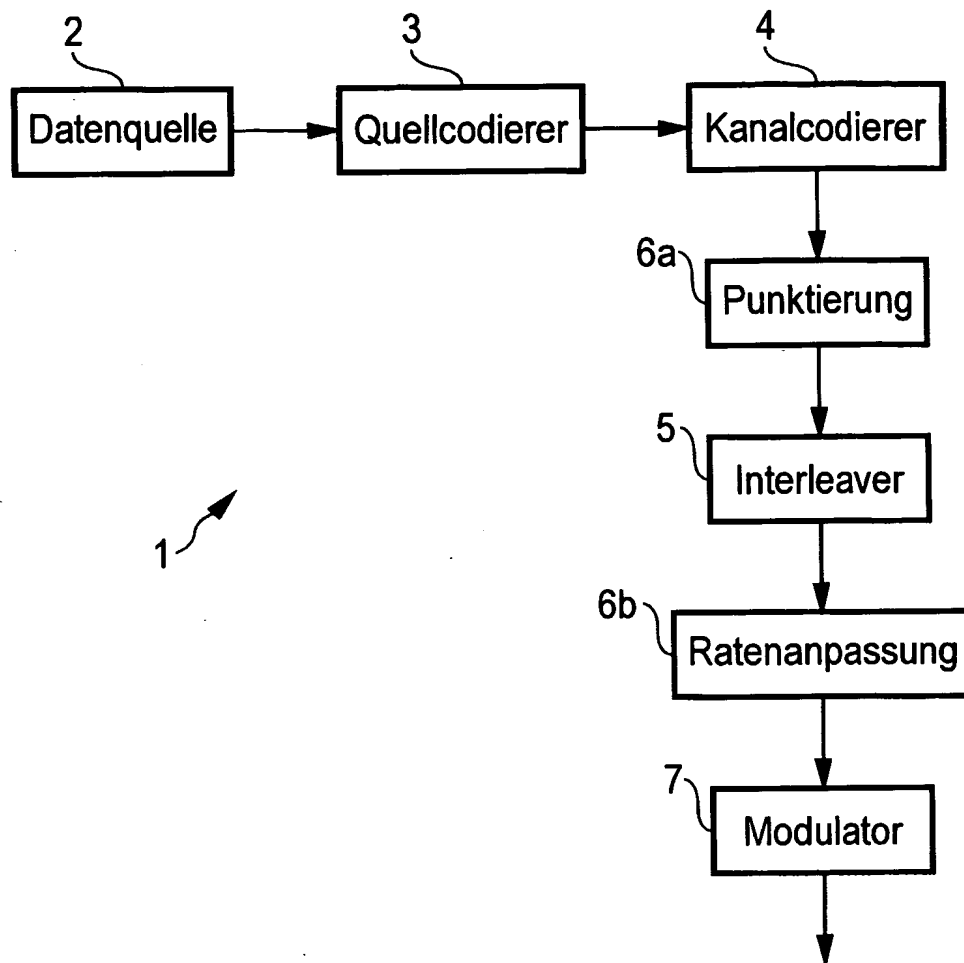


FIG 2

HS-SCCH, Part 2, Pattern 19, FER=1.1×E-02 Error Histogram

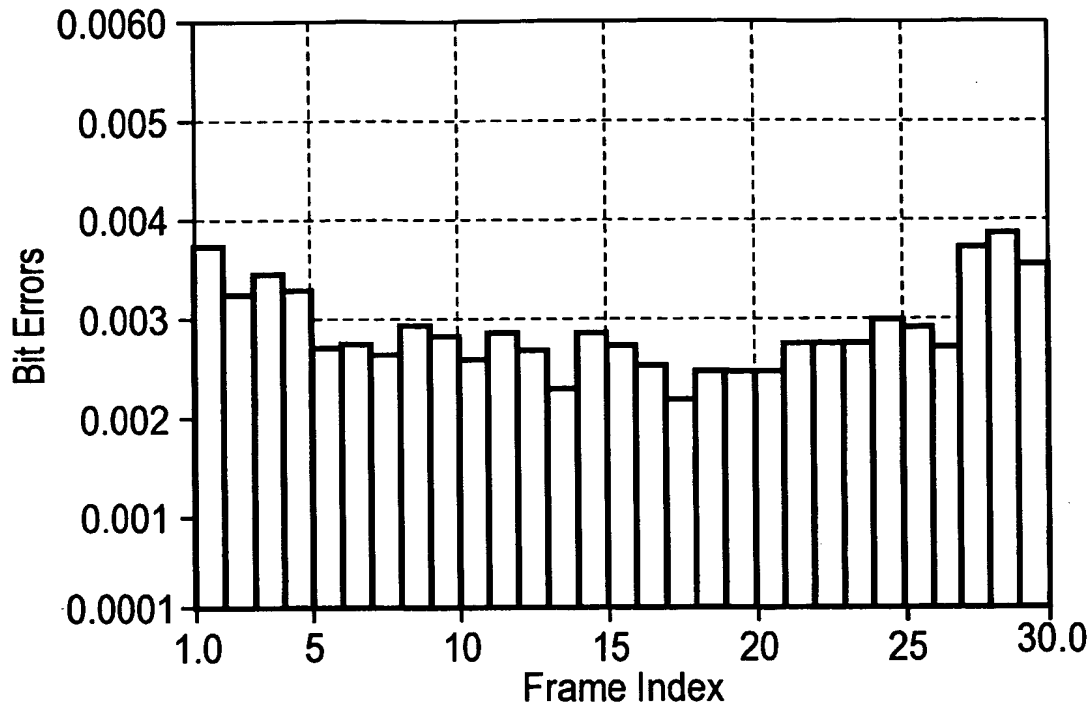


FIG 3

HS-SCCH, Part 2, Pattern 0, FER=1.6×E-02 Error Histogram

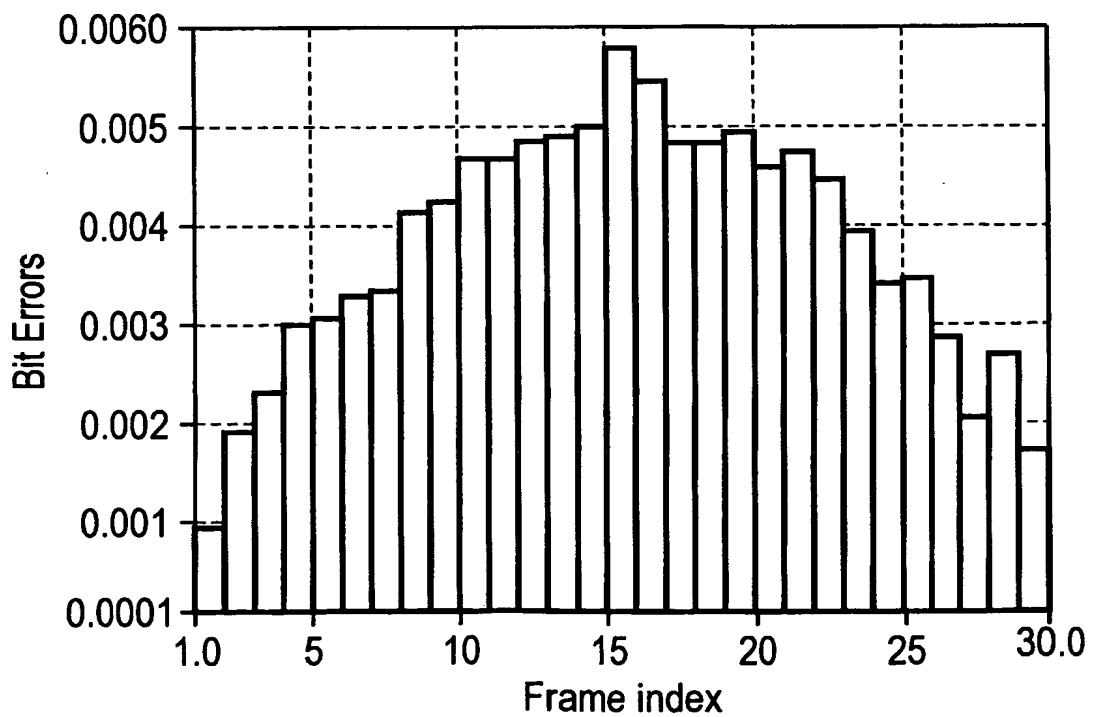


FIG 4

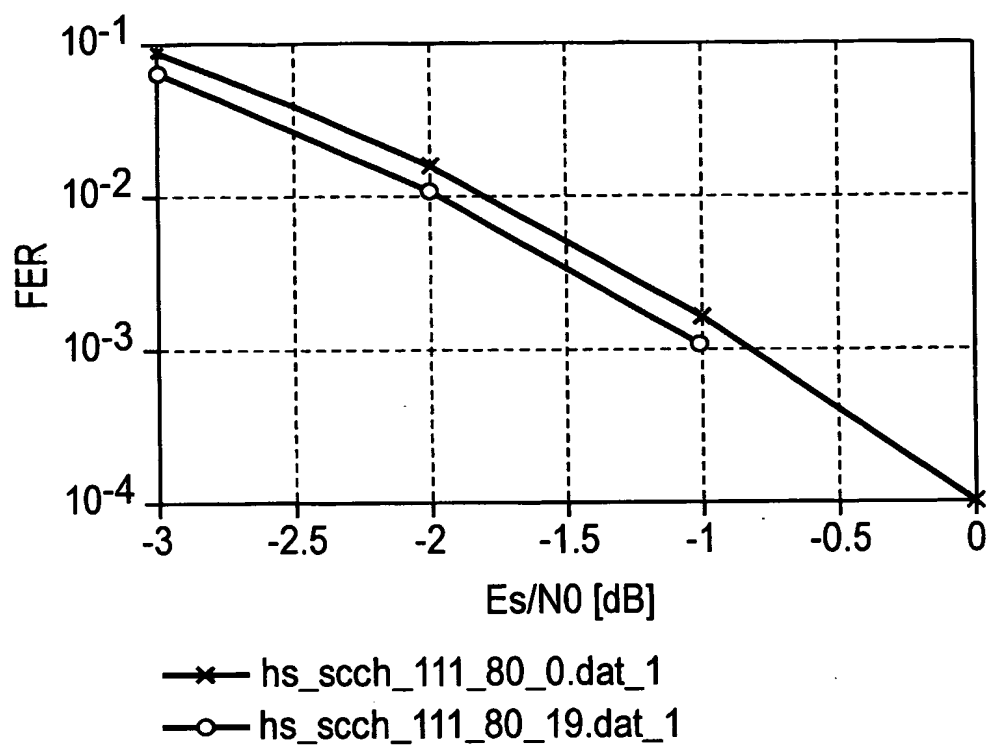
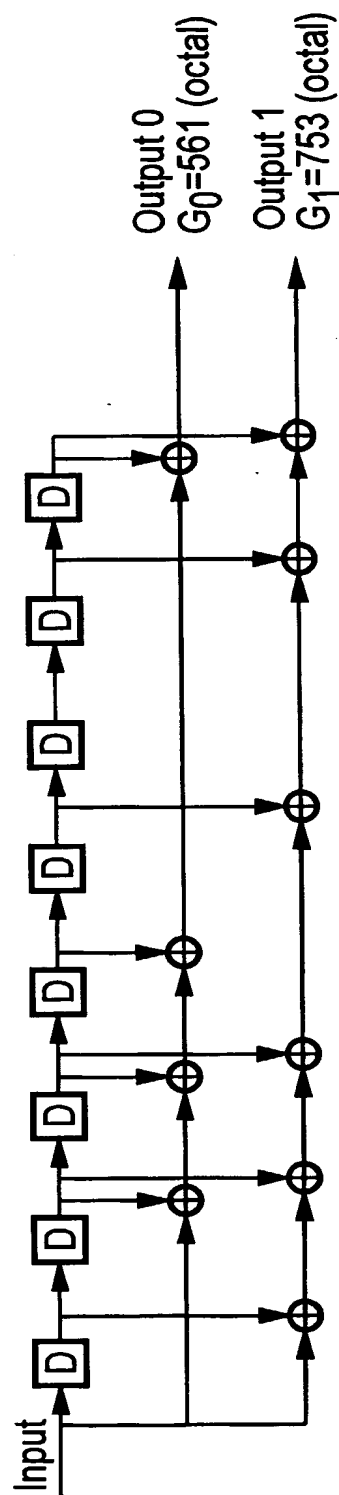
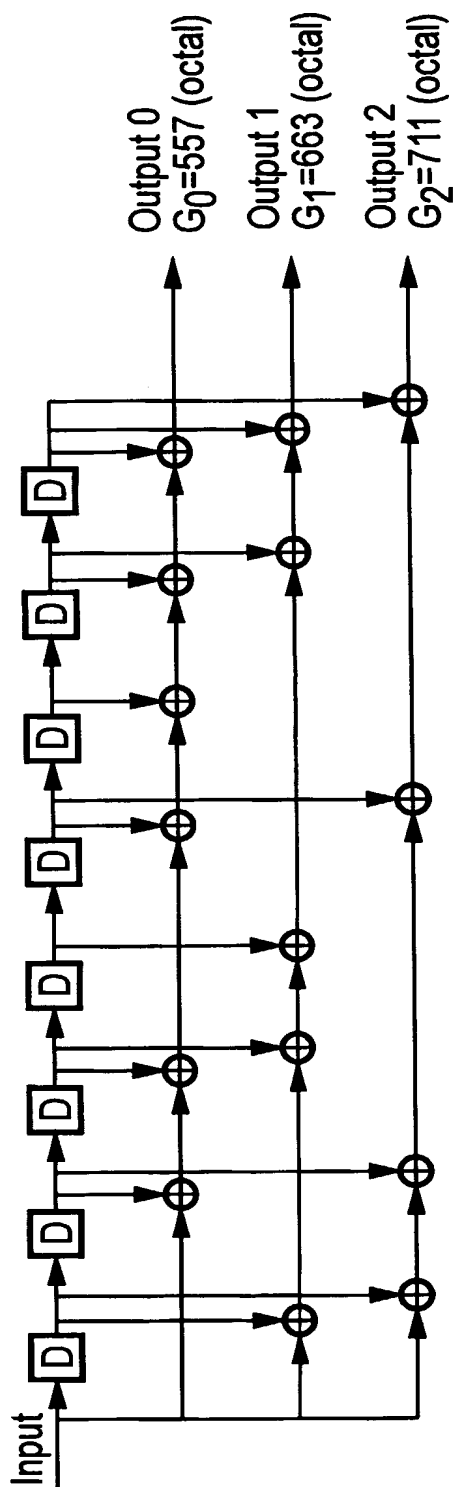


FIG 5



(a) Rate 1/2



(b) Rate 1/3



FIG 6

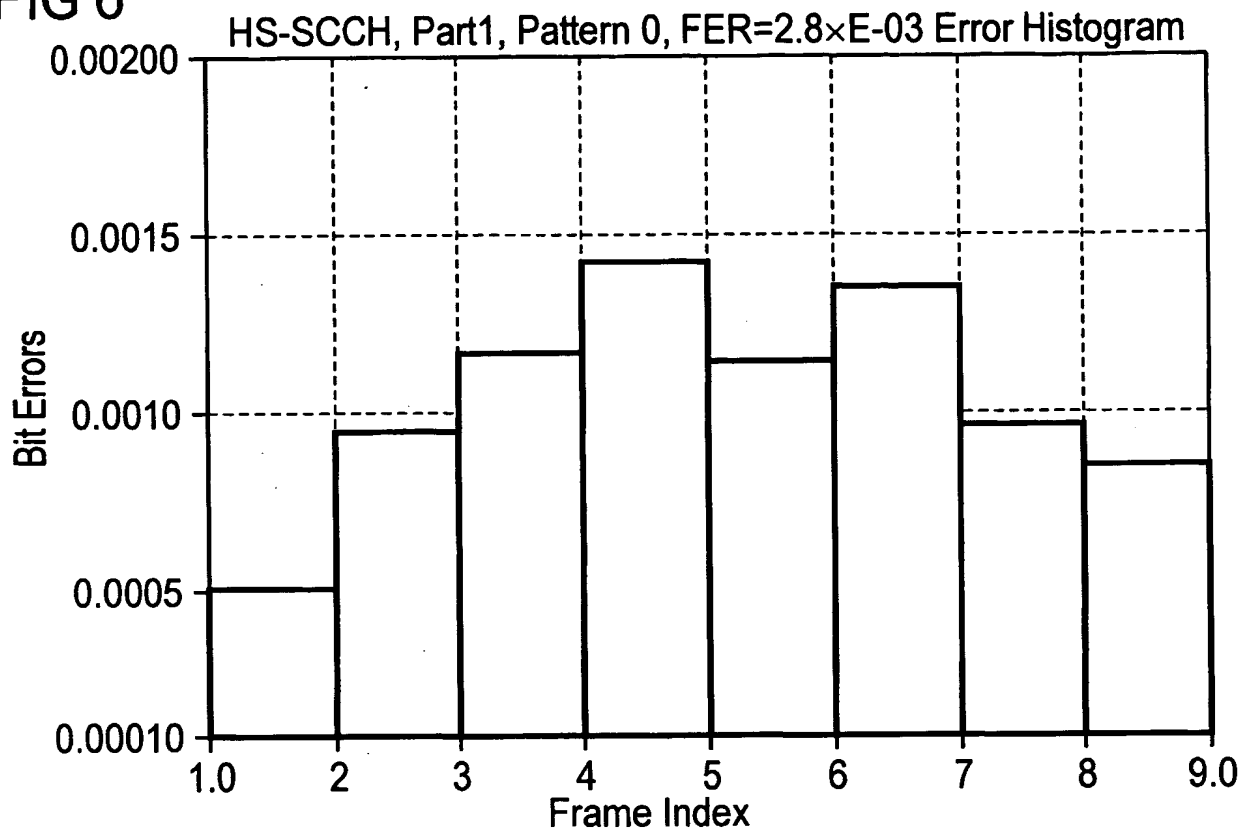


FIG 7

Kumulatives Punktierungsniveau der kodierten Bits

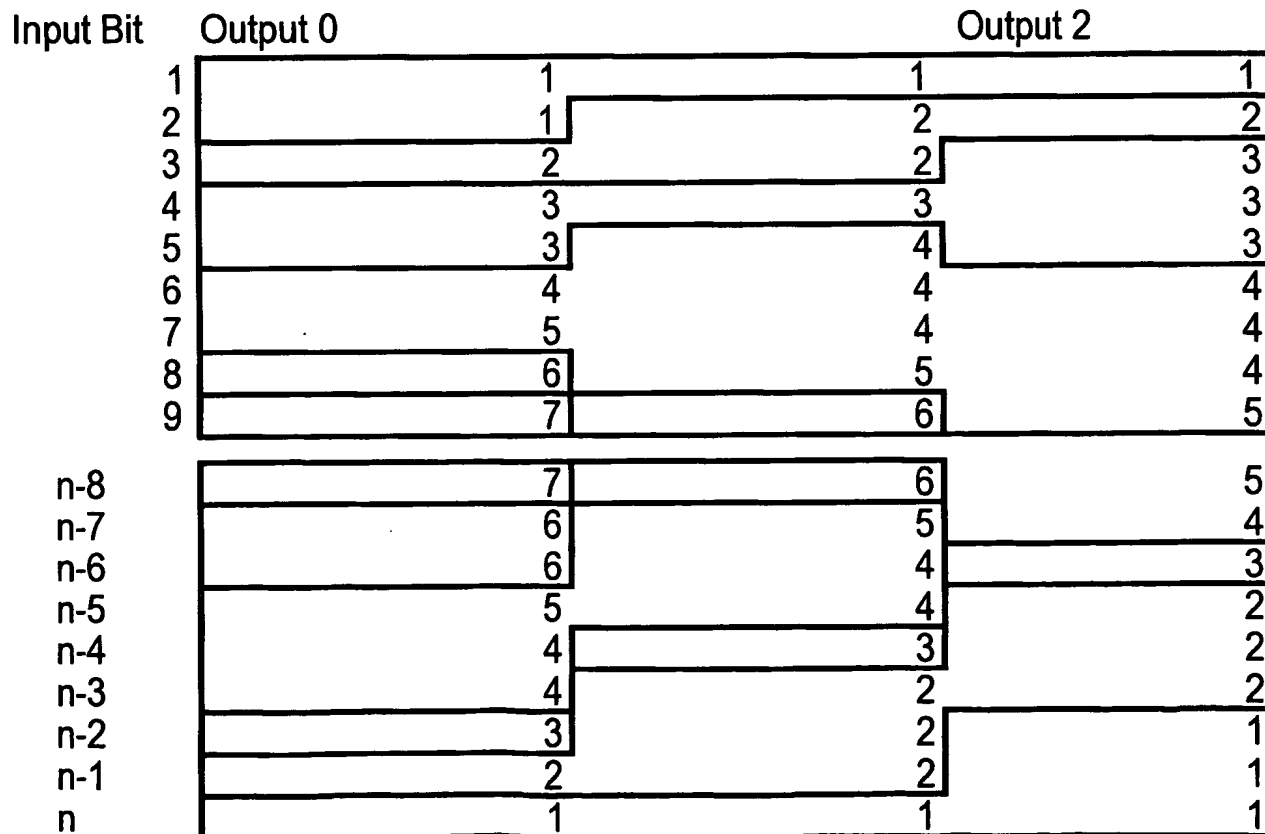


FIG 8

Betroffene Informationsbits

Input Bit	Output 0	Output 1	Output 2
1	1	1	1
2	2	2, 1	2, 1
3	3, 1	3, 2	3, 2, 1
4	4, 2, 1	4, 3, 1	4, 3, 2,
5	5, 3, 2	5, 4, 2, 1	5, 4, 3,
6	6, 4, 3, 1,	6, 5, 3, 2	6, 5, 4, 1
7	7, 5, 4, 2, 1	7, 5, 4, 3	7, 6, 5, 2
8	8, 6, 5, 3, 2, 1	8, 6, 5, 4, 1	8, 7, 6, 3
9	9, 7, 6, 4, 3, 2, 1	9, 7, 6, 5, 2, 1	9, 8, 7, 4, 1

n-8	0, -2, -3, -5, -6, -7, -8	0, -1, -3, -4, -7, -8	0, -1, -2, -5, -8
n-7	-1, -2, -4, -5, -6, -7	0, -2, -3, -6, -7	0, -1, -4, -7
n-6	0, -1, -3, -4, -5, -6	-1, -2, -5, -6	0, -3, -6
n-5	0, -2, -3, -4, -5	0, -1, -4, -5	-2, -5
n-4	-1, -2, -3, -4,	0, -3, -4	-1, -4
n-3	0, -1, -2, -3	-2, -3	0, -3
n-2	0, -1, -2	-1, -2	-2
n-1	0, -1	0, -1	-1
n	0	0	0

FIG 9

Optimierte Punktierungsmuster		Punktierungssequenz und Kumulative Punktierung für max. 18 Eingangsbits																		Mittl. P-Rate		Kumulative	
# punct bits	Sequenz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	Mittelwert	Mittl. P-Rate		
1	1	1																		1,00	0,06	1	
2	k	1	1																	1,00	0,06	2	
3	4	1	1	1																1,00	0,06	3	
4	k-4	1	1	1	1															1,00	0,06	4	
5	k-6	1	1	1	1	1														1,00	0,06	5	
6	2	2	1	1	1	1	1													1,20	0,07	6	
7	k-1	2	1	1	1	1	1	1												1,40	0,08	7	
8	3	3	1	1	1	1	1	1	1											1,60	0,09	8	
9	k-2	3	1	1	1	1	1	1	1	1										1,80	0,10	9	
10	8	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1									1,83	0,10	11	
11	k-15	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1								1,86	0,10	13	
12	k-12	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							1,88	0,10	15	
13	k-10	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						1,89	0,10	17	
14	7	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					2,11	0,12	19	
15	k-9	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				2,33	0,13	21	
16	k-7	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			2,56	0,14	23	
17	5	5	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2,78	0,15	25	
18	k-4	5	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3,00	0,17	27	
19	6	6	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3,22	0,18	29	
20	k-5	6	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3,44	0,19	31	
21	15	6	4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3,09	0,17	34	
22	12	6	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3,36	0,19	37	
23	14	6	5	5	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,64	0,20	40	
24	k-18	6	5	5	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,58	0,20	43	
25	11	7	5	5	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3,75	0,21	45	
26	k-13	7	5	6	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4,00	0,22	48	
27	10	8	6	6	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4,25	0,24	51	
28	k-8	8	6	6	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4,50	0,25	54	
29	9	9	7	7	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4,75	0,26	57	

FIG 10

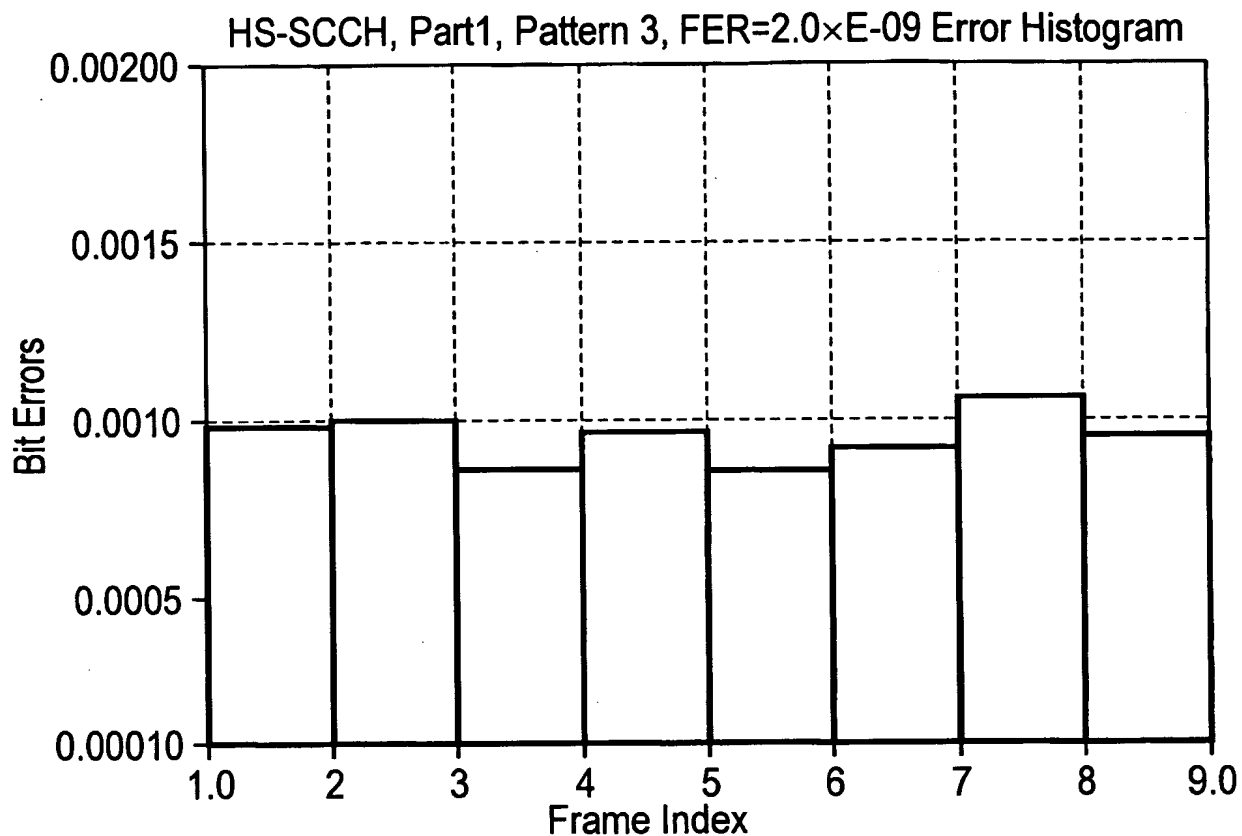


FIG 11

Punktierung von 48 auf 40 Bit, R=1/3	
Pattern Nr.	zu punktierende Bits
1	1, 2, 3, 4, 45, 46, 47, 48
2	1, 2, 3, 4, 42, 45, 47, 48
3	1, 2, 4, 8, 42, 45, 47, 48
4	1, 2, 4, 15, 42, 45, 47, 48

## FIG 12A

Punktierung von 111 auf 80 bit, R=1/3	
Pattern	zu punktierende Bits
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 24, 92, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 24, 92, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
3	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 48, 60, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 48, 60, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
5	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 42, 45, 57, 66, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 42, 45, 57, 66, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
7	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 15, 21, 27, 33, 39, 45, 51, 57, 63, 69, 75, 81, 87, 93, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 108, 109, 110, 111
8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 93, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 15, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 93, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 27, 39, 51, 63, 75, 87, 93, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
11	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 15, 27, 39, 51, 63, 75, 87, 93, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 45, 48, 57, 63, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
13	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 45, 48, 57, 63, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
14	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 24, 36, 48, 54, 60, 72, 84, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
15	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 15, 24, 36, 48, 54, 60, 72, 84, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
16	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 45, 48, 51, 57, 63, 93, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111

## FIG 12B

17	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 45, 48, 51, 57, 63, 93, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
18	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 36, 48, 54, 57, 60, 72, 84, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
19	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 14, 15, 24, 36, 42, 48, 54, 57, 60, 72, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 36, 42, 48, 54, 57, 60, 72, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
21	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 14, 15, 36, 42, 45, 48, 54, 57, 60, 72, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
22	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 36, 42, 45, 48, 54, 57, 60, 72, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
23	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 36, 42, 48, 51, 57, 60, 66, 72, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
24	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 36, 48, 54, 57, 60, 66, 72, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
25	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 14, 15, 24, 48, 54, 57, 60, 63, 66, 72, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
26	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 48, 54, 57, 60, 63, 66, 72, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
27	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 15, 24, 36, 42, 48, 51, 57, 60, 66, 72, 92, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111
28	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 42, 48, 54, 57, 60, 66, 69, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
29	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 24, 92, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
30	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 24, 92, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
31	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 45, 48, 57, 66, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
32	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 45, 48, 57, 66, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
33	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 14, 15, 24, 42, 48, 54, 57, 60, 66, 69, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111

FIG 13

Repetierung von 8 bit (32 auf 40 bit), $R=1/2$	
Pattern	zu repetierende Bits
1	17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31
2	13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
3	18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32
2	16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30

FIG 14

Repetierung von 6 bit (74 auf 80 bit), $R=1/2$	
Pattern	zu repetierende Bits
1	35, 36, 37, 38, 39, 40
2	32, 34, 36, 38, 40, 42
3	26, 30, 34, 38, 42, 44
4	20, 28, 36, 44, 52, 60

FIG 15

Repetierung von 4 bit (36 auf 40 bit), $R=1/2$	
Pattern	zu repetierende Bits
1	<b>16, 18, 20, 22</b>
2	14, 18, 20, 22

FIG 16

Repetierung von 14 bit (54 auf 40 bit), $R=1/3$	
Pattern	zu repetierende Bits
1	1, 2, 3, 4, 7, 8, 39, 42, 45, 48, 51, 52, 53, 54
2	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 39, 42, 48, 51, 52, 53, 54
3	<b>1, 2, 3, 4, 7, 8, 36, 39, 42, 48, 51, 52, 53, 54</b>
4	<b>1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 39, 45, 48, 51, 52, 53, 54</b>

zusätzliche Punktierungsmuster von 111 auf 80 Bit, $R = 1/3$	
Muster	zu punktierende Bits
34	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 39, 44, 49, 54, 59, 64, 69 92, 96, 99, 101, 102, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111
35	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 42, 47, 52, 57, 62, 67, 72, 92, 96, 99, 101, 102, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111
36	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 42, 44, 49, 54, 59, 64, 69 92, 96, 99, 101, 102, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111
37	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 39, 43, 47, 57, 61, 65, 69, 92, 96, 99, 101, 102, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111
38	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 39, 42, 44, 49, 54, 59, 64, 69 92, 96, 99, 101, 102, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111
39	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 36, 39, 44, 49, 54, 59, 64, 69 92, 96, 99, 101, 102, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111
40	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 13, 15, 24, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 68, 70, 75, 83, 96, 99, 101, 102, 104, 106, 108, 109, 110, 111
41	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 39, 45, 51, 57, 63, 69, 75, 92, 96, 99, 101, 102, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111
42	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 36, 41, 46, 51, 56, 61, 66, 71, 76, 92, 96, 99, 101, 102, 104, 106, 108, 109, 110, 111

Fig.17



Punktierung von 108 auf 80 Bit, $R = 1/3$	
Muster	zu punktierende Bits
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 48, 54, 57, 63, 66, 69, 72, 75, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108

5 Fig.18

**Punktierungsmuster 114 → 80,  $R = 1/3$** 

Punktierung von 114 auf 80 Bit, $R = 1/3$	
Muster	zu punktierende Bits
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 42, 45, 48, 54, 57, 60, 66, 69, 72, 75, 99, 102, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114
2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 42, 48, 54, 57, 60, 66, 69, 72, 96, 99, 102, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114
3	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 21, 24, 48, 54, 57, 60, 63, 66, 96, 97, 99, 102, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114
4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 42, 48, 54, 57, 60, 66, 69, 72, 75, 96, 99, 102, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114
5	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 42, 45, 48, 54, 57, 60, 66, 69, 72, 75, 96, 99, 102, 104, 105, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114
6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 15, 24, 42, 48, 54, 57, 60, 66, 69, 72, 75, 96, 99, 102, 104, 105, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114
7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 24, 48, 54, 57, 60, 66, 69, 96, 99, 101, 102, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114

5

Fig.19

**Punktierungsmuster 117→ 80,  $R = 1/3$** 

Punktierungsmuster von 117 auf 80 Bit, $R = 1/3$	
Muster	zu punktierende Bits
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 68, 72, 76, 80, 84, 98, 102, 105, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117
2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 39, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 68, 72, 76, 80, 84, 98, 102, 105, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117
3	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 39, 40, 44, 51, 52, 56, 63, 64, 68, 75, 76, 80, 87, 98, 102, 105, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117
4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 39, 43, 47, 51, 55, 59, 63, 67, 71, 75, 79, 83, 87, 98, 102, 105, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117
5	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 12, 13, 18, 23, 28, 33, 38, 43, 48, 53, 58, 63, 68, 73, 78, 83, 88, 93, 98, 105, 106, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117
6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 40, 43, 46, 49, 55, 61, 64, 67, 70, 73, 76, 79, 82, 98, 102, 105, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117
7	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 15, 20, 24, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 68, 72, 76, 80, 84, 87 98, 102, 105, 107, 108, 110, 112, 114, 115, 116, 117
8	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 68, 72, 76, 80, 84, 86 98, 102, 105, 107, 108, 110, 112, 114, 115, 116, 117
9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 42, 45, 48, 51, 54, 57, 60, 63, 66, 69, 72, 75, 78, 98, 102, 105, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117
10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 39, 42, 45, 48, 54, 60, 63, 66, 69, 72, 75, 78, 81,

	98,102,105,107,108,110,112,113,114,115,116,117
11	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 39, 42, 45, 48, 51, 54, 57, 60, 69, 75, 78, 81, 84, 98,102,105,107,108,110,112,113,114,115,116,117
12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 42, 45, 48,54,57,60, 63, 66, 69, 72, 75, 78, 81, 102,105,107,108,110,111,112,113,114,115,116,117
13	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 39, 42, 45, 48, 54, 60, 63, 66, 69, 72, 75, 78, 81, 84 102,105,107,108,110,112,113,114,115,116,117
14	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 39, 42, 45, 48, 54, 60, 63, 66, 69, 72, 75, 78, 81, 99,102,105,107,108,110,111,113,114,115,116,117
15	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 24, 36, 42, 45, 48, 54, 60, 63, 66, 69, 72, 75, 78, 81, 98,102,105,107,108,110,112,113,114,115,116,117

Fig.20

**Punktierungsmuster 52 → 40,  $R = 1/2$** 

Punktierung von 52 auf 40 Bit, $R = 1/2$	
<b>Muster</b>	zu punktierende Bits
1	1, 2, 3, 4, 5, 43, 45, 47, 49, 50, 51, 52
2	1, 2, 3, 4, 5, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52
3	1, 2, 3, 4, 15, 25, 45, 47, 49, 50, 51, 52
4	1, 2, 3, 4, 5, 43, 47, 48, 49, 50, 51, 52
5	1, 2, 3, 4, 5, 43, 45, 48, 49, 50, 51, 52
6	1, 2, 3, 4, 5, 25, 45, 47, 48, 49, 51, 52
7	1, 2, 3, 4, 5, 25, 43, 47, 48, 49, 51, 52
8	1, 2, 3, 4, 5, 43, 45, 47, 48, 49, 51, 52
9	1, 2, 3, 4, 15, 43, 45, 47, 48, 49, 51, 52

5

Fig.21

**Punktierungsmuster 46 → 40,  $R = 1/2$** 

Punktierung von 46 auf 40 Bit, $R = 1/2$	
<b>Muster</b>	zu punktierende Bits
1	1, 3, 39, 41, 45, 46
2	1, 3, 39, 41, 43, 46
3	1, 3, 39, 43, 45, 46
4	1, 2, 3, 43, 45, 46
5	1, 2, 39, 41, 45, 46
6	1, 2, 3, 39, 43, 46

10

Fig.22

**Punktierungsmuster 54 → 40,  $R = 1/3$** 

Punktierung von 54 auf 40 Bit, $R = 1/3$	
Muster	zu punktierende Bits
1	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 39, 42, 48, 51, 52, 53, 54
2	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 39, 45, 48, 51, 52, 53, 54
3	1, 2, 3, 4, 7, 8, 39, 42, 45, 48, 51, 52, 53, 54
4	1, 2, 3, 4, 7, 8, 13, 39, 45, 48, 51, 52, 53, 54
5	1, 2, 3, 4, 7, 8, 36, 39, 42, 48, 51, 52, 53, 54

5

Fig.23

**Punktierungsmuster 56 → 40,  $R = 1/2$** 

10

Punktierung von 56 auf 40 Bit, $R = 1/2$	
Muster	zu punktierende Bits
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 45, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56
2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 15, 45, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56
3	1, 2, 3, 4, 5, 15, 21, 29, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56

Fig.24

**Repetierungsmuster 36 → 40,  $R = 1/2$** 

Repetierung von 36 auf 40 Bit, $R = \frac{1}{2}$	
<b>Muster</b>	zu repetierende Bits
1	14, 18, 20, 22
2	16, 18, 20, 22
3	14, 17, 10, 23
4	10, 15, 20, 25
5	13, 16, 19, 22

5

Fig.25

Punktierung von 48 auf 40 Bit	
<b>Muster</b>	zu punktierende Bits
1	1, 8, 15, 22, 28, 35, 42, 48
2	1, 2, 10, 18, 25, 33, 41, 48
3	1, 2, 3, 12, 21, 30, 39, 48
4	1, 2, 3, 4, 15, 26, 37, 48
5	1, 2, 3, 4, 5, 20, 34, 48
6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 27, 48

Fig. 26

Figur 27: Punktierung von 111 auf 80 Bit	
Muster	zu punktierende Bits
1	1, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32, 35, 38, 41, 44, 47, 50, 53, 56, 60, 63, 66, 69, 72, 75, 78, 81, 84, 87, 90, 93, 96, 99, 102, 105, 108, 111
2	1, 2, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 31, 34, 37, 40, 43, 46, 49, 52, 55, 59, 62, 65, 68, 71, 74, 77, 80, 83, 87, 90, 93, 96, 99, 102, 105, 108, 111
3	1, 2, 3, 7, 10, 13, 16, 19, 23, 26, 29, 32, 35, 38, 42, 45, 48, 51, 54, 57, 61, 64, 67, 70, 73, 77, 80, 83, 86, 89, 92, 96, 99, 102, 105, 108, 111
4	1, 2, 3, 4, 8, 11, 14, 17, 21, 24, 27, 30, 34, 37, 40, 43, 47, 50, 53, 56, 60, 63, 66, 69, 73, 76, 79, 82, 86, 89, 92, 95, 99, 102, 105, 108, 111
5	1, 2, 3, 4, 5, 9, 12, 15, 19, 22, 25, 29, 32, 35, 39, 42, 45, 49, 52, 55, 58, 62, 65, 68, 72, 75, 78, 82, 85, 88, 92, 95, 98, 102, 105, 108, 111
6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 13, 17, 20, 23, 27, 30, 34, 37, 40, 44, 47, 51, 54, 57, 61, 64, 67, 71, 74, 78, 81, 84, 88, 91, 95, 98, 101, 105, 108, 111
7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 14, 18, 21, 25, 28, 32, 35, 39, 42, 46, 49, 53, 56, 59, 63, 66, 70, 73, 77, 80, 84, 87, 91, 94, 98, 101, 105, 108, 111
8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 16, 19, 23, 26, 30, 33, 37, 40, 44, 48, 51, 55, 58, 62, 65, 69, 72, 76, 80, 83, 87, 90, 94, 97, 101, 104, 108, 111
9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 17, 20, 24, 28, 31, 35, 39, 42, 46, 50, 53, 57, 60, 64, 68, 71, 75, 79, 82, 86, 90, 93, 97, 101, 104, 108, 111
10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 18, 22, 25, 29, 33, 37, 40, 44, 48, 52, 55, 59, 63, 67, 70, 74, 78, 82, 85, 89, 93, 97, 100, 104, 108, 111
11	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 19, 23, 27, 31, 35, 38, 42, 46, 50, 54, 58, 61, 65, 69, 73, 77, 81, 85, 88, 92, 96, 100, 104, 108, 111



```

if puncturing is to be performed
5      e = eini                -- initial error between current and desired puncturing ratio
      m = 1                    -- index of current bit
      do while m <= Xi
          e = e - eminus        -- update error
          if e <= 0 then        -- check if bit number m should be punctured
10             set bit xi,m to δ where δ ∈ {0, 1}
             e = e + eplus -- update error
          end if
          m = m + 1             -- next bit
      end do
15  else
      e = eini                -- initial error between current and desired puncturing ratio
      m = 1                    -- index of current bit
      do while m <= Xi
          e = e - eminus        -- update error
20          do while e <= 0      -- check if bit number m should be repeated
              repeat bit xi,m
              e = e + eplus    -- update error
          end do
          m = m + 1             -- next bit
25      end do
  end if

```

Fig. 28

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



03 OCT 2004

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
16. Oktober 2003 (16.10.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/085873 A3**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H04L 1/00**

[DE/DE]; Hauptstr. 56, 85579 Neubiberg (DE). **RAAF, Bernhard** [DE/DE]; Maxhofstr. 62, 81475 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE03/01061**

(22) Internationales Anmeldedatum:  
1. April 2003 (01.04.2003)

(74) **Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESSELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) **Angaben zur Priorität:**  
102 15 380.9 8. April 2002 (08.04.2002) DE  
102 91 151.4 29. April 2002 (29.04.2002) DE

(71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESSELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,

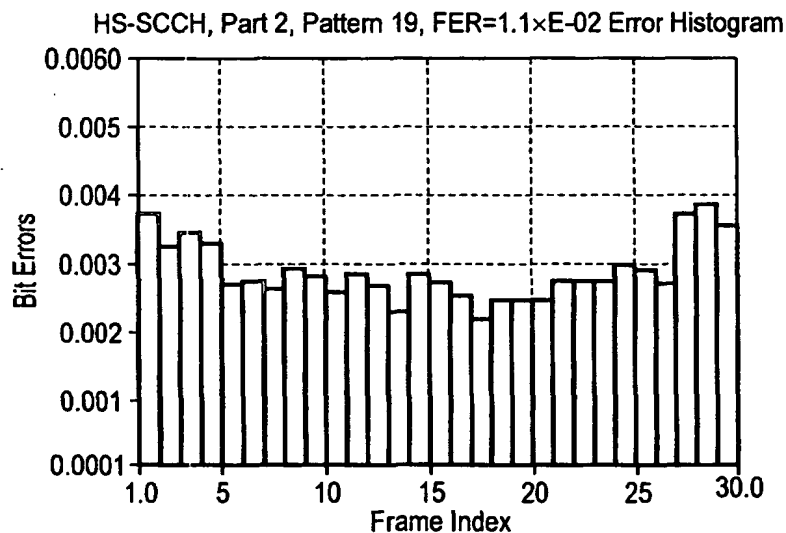
(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): DÖTTLING, Martin**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD AND COMMUNICATIONS DEVICE FOR ADAPTING THE DATA TRANSFER RATE IN A COMMUNICATIONS DEVICE

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND KOMMUNIKATIONSVORRICHTUNG ZUR ANPASSUNG DER DATENRATE IN EINER KOMMUNIKATIONSVORRICHTUNG



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for adapting the data transfer rate of a data flow in a communications device according to which: the data flow can be subdivided into at least one data block containing transmission bits to be transmitted; the transmission bits are formed by a coding process from information-carrying input bits; transmission bits determined from a data block of the data flow are removed (dotted) in order to adapt the data transfer rate; a dotting pattern stipulates which transmission bits are to be removed, and; the dotting pattern is constructed in such a manner that transmission bits are preferably removed that, during the coding process, depend on few input bits. The invention also relates to a corresponding communications device.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Anpassung der Datenrate eines Datenstroms in einer Kommunikationsvorrichtung, bei dem: der Datenstrom in zumindest einen Datenblock unterteilbar ist, welcher zu übertragende Übertragungsbits enthält; die Übertragungsbits durch einen Codiervorgang aus informationstragenden Eingangsbits gebildet werden; bei dem zur Anpassung der Datenrate aus einem Datenblock des Datenstroms bestimmte Übertragungsbits entfernt (punktiert) werden, bei dem; durch ein Punktierungsmuster vorgegeben wird, welche Übertragungsbits zu entfernen sind; und das Punktierungsmuster derart ausgelegt ist, dass bevorzugt Übertragungsbits entfernt werden, die über den Codiervorgang von wenigen Eingangsbits abhängen. Des weiteren betrifft die Erfindung eine entsprechende Kommunikationsvorrichtung.

rate eines Datenstroms in einer Kommunikationsvorrichtung, bei dem: der Datenstrom in zumindest einen Datenblock unterteilbar ist, welcher zu übertragende Übertragungsbits enthält; die Übertragungsbits durch einen Codiervorgang aus informationstragenden Eingangsbits gebildet werden; bei dem zur Anpassung der Datenrate aus einem Datenblock des Datenstroms bestimmte Übertragungsbits entfernt (punktiert) werden, bei dem; durch ein Punktierungsmuster vorgegeben wird, welche Übertragungsbits zu entfernen sind; und das Punktierungsmuster derart ausgelegt ist, dass bevorzugt Übertragungsbits entfernt werden, die über den Codiervorgang von wenigen Eingangsbits abhängen. Des weiteren betrifft die Erfindung eine entsprechende Kommunikationsvorrichtung.

WO 03/085873 A3



PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen  
Recherchenberichts:

4. Dezember 2003

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/DE 03/01061

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04L1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 01 39420 A (RAAF BERNHARD ; SIEMENS AG (DE)) 31 May 2001 (2001-05-31)  page 9, line 9 - line 27 page 10, line 20 - page 11, line 14 page 12, line 22 - page 13, line 2 page 14, line 8 - line 29 figures 4A, 4B, 5  ---	1-4, 11-13, 15-17
X	WO 02 09294 A (QUALCOMM INC) 31 January 2002 (2002-01-31) page 15, line 13 - line 24 page 17, line 18 - line 38 page 18, line 6 - line 34; figure 8  ---	1-3, 11, 12, 16
A	---	4, 13, 17
	-/--	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 September 2003

Date of mailing of the international search report

01/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Papantoniou, A

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/DE 03/01061

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 00 21234 A (RAAF BERNHARD ; SOMMER VOLKER (DE); KOEHN REINHARD (DE); SIEMENS AG) 13 April 2000 (2000-04-13) page 9, line 18 - line 35 page 10, line 21 - line 34 page 11, line 1 - line 35 -----	1, 11, 16, 17

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/01061

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0139420	A	31-05-2001	WO 0139420 A1	31-05-2001
WO 0209294	A	31-01-2002	AU 7598901 A	05-02-2002
			EP 1301994 A2	16-04-2003
			TW 515174 B	21-12-2002
			WO 0209294 A2	31-01-2002
WO 0021234	A	13-04-2000	AU 763882 B2	31-07-2003
			AU 6332699 A	26-04-2000
			BR 9914353 A	26-06-2001
			CN 1328731 T	26-12-2001
			WO 0021234 A1	13-04-2000
			EP 1119934 A1	01-08-2001
			JP 2002527937 T	27-08-2002

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H04L1/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H04L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 01 39420 A (RAAF BERNHARD ;SIEMENS AG (DE)) 31. Mai 2001 (2001-05-31)  Seite 9, Zeile 9 - Zeile 27 Seite 10, Zeile 20 -Seite 11, Zeile 14 Seite 12, Zeile 22 -Seite 13, Zeile 2 Seite 14, Zeile 8 - Zeile 29 Abbildungen 4A,4B,5 ---	1-4, 11-13, 15-17
X	WO 02 09294 A (QUALCOMM INC) 31. Januar 2002 (2002-01-31) Seite 15, Zeile 13 - Zeile 24 Seite 17, Zeile 18 - Zeile 38	1-3,11, 12,16
A	Seite 18, Zeile 6 - Zeile 34; Abbildung 8 --- -/--	4,13,17



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*g\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. September 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/10/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Papantoniou, A

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 00 21234 A (RAAF BERNHARD ; SOMMER VOLKER (DE); KOEHN REINHARD (DE); SIEMENS AG) 13. April 2000 (2000-04-13) Seite 9, Zeile 18 - Zeile 35 Seite 10, Zeile 21 - Zeile 34 Seite 11, Zeile 1 - Zeile 35 -----	1, 11, 16, 17



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zu dieser Patentfamilie gehören

Internationale Aktenzeichen

PCT/DE 03/01061

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0139420 A	31-05-2001	WO 0139420 A1	31-05-2001
WO 0209294 A	31-01-2002	AU 7598901 A	05-02-2002
		EP 1301994 A2	16-04-2003
		TW 515174 B	21-12-2002
		WO 0209294 A2	31-01-2002
WO 0021234 A	13-04-2000	AU 763882 B2	31-07-2003
		AU 6332699 A	26-04-2000
		BR 9914353 A	26-06-2001
		CN 1328731 T	26-12-2001
		WO 0021234 A1	13-04-2000
		EP 1119934 A1	01-08-2001
		JP 2002527937 T	27-08-2002